ONLY FOR EXCHANGE

臺灣糖業試驗所

研究彙報

5 2

第五十二號

中華民國五十九年十二月

2 MAY 1973

臺灣糖業試驗所刊行
臺灣省臺南市

編 輯 委 員 會

總 編 輯

朱 學 曾　臺灣糖業試驗所代理所長

副 總 編 輯

夏 雨 人　科學資料中心主任

編 輯 委 員（姓氏筆劃爲序）

王 世 中　臺灣糖業公司顧問

石 守 釗　臺灣糖業試驗所副所長

包 敦 樸　臺灣糖業試驗所農藝系主任

桑 祥 麟　臺灣糖業試驗所工業化學系主任

莫 炳 權　臺灣糖業試驗所育種系主任

駱 君 驌　臺灣糖業公司顧問

台灣糖業試驗所研究彙報　第五十二號

目　錄

題目	作者	頁
製糖分析法自動化之研究—Ⅰ、砂糖中澱粉自動分析法	桑祥麟、鄭文清	1
製糖分析法自動化之研究—Ⅱ、白糖中二氧化硫含量自動分析法	桑祥麟、鄭文清	13
無硫特砂製造之研究	桑祥麟、許瑞後、鄭鴻財	25
應用電導度法測定低灰白糖灰份含量之研究	鄭應春	37
蔗渣纖維醱酵之研究—Ⅰ、應用直交表實驗計劃法尋求生合成纖維分解酵素時主要因子之研究	黃實村、王隆煇、莊允當、吳春生	47
甘蔗實生苗單株密植法之研究	郭清陽、莫炳權	61
高地下水位蔗區後期灌溉與甘蔗成熟控制方法之研究—Ⅰ、F.146品種後期灌溉與收穫期之關係	謝珍彩、陳榮賢	75
蔗田間作對日照與地温及甘蔗生育之關係	張　灝	87
蔗田微氣候與大氣候之比較分析	童文海、鄭鼎鐘	99
甘蔗消耗水量特性之研究(續)—甘蔗宿根次數對於消耗水量之影響	張玉鑽	137
蔗螟周年發生消長之調查研究—Ⅴ、花蓮區	梁崇仁	145
新營總廠區蔗田雜草調查報告	王卓三	153
白鼠對殺鼠靈（Warfarin）之耐性試驗	王博優	161

製糖分析法自動化之研究

I、砂糖中澱粉自動化分析法[1]

桑祥麟　鄭文清[2]

摘　　要

利用直交表實驗計劃法，參照Balch法之 Starch-Iodine Complex 呈色反應，設計三種直接比色法，其中一法，其測定結果與標準法十分一致，兩法間並無顯著的差異。而該新法之分析標準差爲 10.5ppm，變異係數爲 2.55%，均較標準法爲小。該測定法僅需將糖樣溶解，經濾紙過濾後，即以 570mμ 波長，分別測定經呈色與未呈色糖液的吸光度，由其吸光度差對照標準澱粉曲線求出樣品中澱粉含量。測定時間僅爲標準法的 1/7—1/8 而已。若應用該比色法之測定條件而設計之 Technicon AutoAnalyzer 自動分析法，更可提高分析精度與速度，每小時可分析6—10個樣品。由於人爲分析誤差的減除，自動分析法的分析精度較佳，其分析標準差爲 8.1ppm，變異常數爲 2.14%，遠較標準法爲小。本測定法適於工場管制分析及大量樣品的經常分析工作。

一、前　　言

粗糖中澱粉含量爲評價粗糖煉糖品質的重要項目之一。某些研究報告認爲粗糖的澱粉含量對其過濾率的影響並不顯著[5][6]，惟仍有相當多之文獻均指出澱粉含量的多寡爲影響過濾率最重要的因素之一[1][2][3][7][8][9][10]兩者具有顯著的相關關係，可求得相關係數[1][2][5][10]。因此簡易，快速而準確可靠的澱粉測定法的發展實爲工廠管制分析所需求者。目前已有多種測定方法應用於現場管制分析[11][12]，惟其測定操作仍屬煩雜。

一般採用的測定法均係比色法，概可分爲二類；一爲利用碘與澱粉生成 Starch-Iodine Complex 而測定其吸光度者[13][11][12]另一係利用 Anthron 與澱粉之呈色反應加以測定者[14]。惟各種測定法在比色測定前均須經過不同程度繁雜的樣品處理，影響測定速度。Balch法爲一般認定之標準測定法，須經過砂糖之溶解，凝聚沉澱，吸附過濾，有機溶劑洗滌，復溶抽出，過濾及比色等一連串費時的過程，不適於工廠管制分析或多量樣品的經常分析。Archbald簡速法[11]， Nicholson， Base 等甲醯胺法 (Formamide Method)[12][15]，雖較 Balch 法簡易，但仍不够簡速。

---

(1)台灣糖業試驗所審定發表論文第R6—59號。
(2)本所化驗服務中心兼主任、十一等化學監。
(3)本文於59年12月21日收到。
(4)本研究曾獲國家科學委員會之補助。

本實驗參照 Balch 法，利用 Starch-Iodine Complex 的呈色反應，以實驗計劃法比較選擇最適宜測定條件而設計三種僅需濾紙過濾即可供比色測定的簡速測定法。經與標準法（Balch法）作對照比較測定，比較分析準確度與再現精度後決定最適宜簡易測定法。進而根據該測定法的測定條件設計適合於 Technicon AutoAnalyzer 的測定流程圖（Flow Diagram）而發展爲自動分析法，以增進分析速度，提高分析精度。

二、實 驗 方 法

一、儀 器

1. Bechman DK-2A Ratio Recording Spectrophotometer
2. Technicon AutoAnalyzer (Basic Type)

二、直接比色法

1. 測定方法的設計： Balch 法及一般測定法在比色前樣品均須經過不同程度冗繁的處理操作，其所耗時間佔全部測定時間的極大比率。本實驗擬利用雙次比色法，使樣品糖液僅經濾紙過濾即行比色；直接測定加碘液與不加碘液的糖液之吸光度，由其吸光度差對照標準澱粉曲線求出澱粉含量。兩次比色的目的在於消除糖液本身之色澤及溷濁物質影響吸光度所引起的測定誤差。其測定方法設計如下：

糖樣溶解配成 10～20%糖液，以濾紙（SS589-2）過濾。吸取濾液 25ml 於 50ml 量瓶中，依序添加 KI 溶液，HAc 溶液及 KIO_3 溶液使呈色，加水至刻度，搖勻，以適宜波長測定其吸光度。另吸取 25ml 濾液添加與上述同量的 KI 與 HAc 溶液（不加 KIO_3 溶液），加水至刻度，以同一波長測定其吸光度作爲空白試驗。由該兩次的吸光度差對照標準澱粉曲線求取樣品糖中澱粉含量。上述的測定波長，試藥之濃度與添加量則根據實驗結果決定。

2. 實驗計劃：利用直交表（Orthogonal layout table）實驗計劃法檢定並決定各種試藥之最適濃度與添加量，實驗的因素（Factor）與階次擬定如表一。 實驗順序係依隨機化（Randomization）進行，利用 Beckman DK-2A 測定自 400～800mμ 各波長的吸光度，以最高吸光度之波長作爲最適宜測定波長，而以其吸光度作變異數分析。

表一、直接比色法的實驗因素與階次

因 素	階 次	
	實 驗 一	實 驗 二
A. KIO_3 添加量 ml	N/10 $A_1=2, A_2=4, A_3=6, A_4=8$	N/100 $A_1=8, A_2=10, A_3=12, A_4=14$
B. KI Sol'n 濃度（或添加量）	Concentration (%) $B_1=5$ (1 ml) $B_2=10$ (1 ml)	10% $B_1=1$ ml, $B_2=2$ml
C. 10%HAc Sol'n 添加量 ml	$C_1=5$, $C_2=10$	$C_1=5$, $C_2=10$
D. $KIO_3\times KI$ 交互影響	A×B	A×B
E. $KIO_3\times HAc$ 交互影響	A×C	A×C
F. KI×HAc 交互影響	B×C	B×C

註：試藥添加量爲 ml/100ml Final Solution

根據變異數分析結果，選定三種不同試藥濃度的測定法，再與標準法（Balch法），作對照比較檢試，抉擇最適宜的測定法。

三、自動分析法

根據上述實驗所發展的直接比色法（方法Ⅲ）的測定條件，設計適合於 Technicon Auto Analyzer 的測定流程圖（Flow Diagram）如圖三。其測定法如下：

(1)秤取樣品糖 10克，以蒸餾水溶解為 100ml，使用 SS539-2 濾紙過濾。濾液倒入自動送樣器（Sample Changer）之樣品杯中與蒸餾水樣品杯相隔排列，將自動送樣器與比例唧筒（Proportioning Pump）連結，開動儀器，使自動測定並記錄透光率，換算為吸光度，以A表示。

(2)待自動送樣器內樣品全部測定後，重覆以該樣品糖液作空白試驗，其法係將 KIO_3試藥的配管改通蒸餾水，同法測定之，其吸光度以B表示。

(3)另按空白試驗之測定法將糖液之配管亦改通蒸餾水而測定其吸光度，作為比照液（Reference Solution）吸光度（C），以校正空白試驗之測定值（B），（B－C）為空白試驗之淨吸光度。比照液之吸光度變異極微，每批樣品或每日測定一次則可。

(4)計算：由上述兩次吸光度差〔A－(B－C)〕對照澱粉曲線（圖五）算出澱粉含量。

三、實驗結果與討論

一、直接比色法最適測定條件

1. 試藥濃度與添加量：根據表一之實驗計劃將各測定值作變異分析作為決定之依據，結果如下：

(1)直接比色法（Ⅰ）：表一中實驗一的各因素利用 $L_{16}(2^{15})$ 直交表按列，其測定值的變異數分析結果列如表二：

表二、變 異 數 分 析 表

因 素 Factors	平方和 SS	自由度 df	變異數 ms	F值	顯著性 F	貢獻率 %
KIO_3	44,409	3	14,803	50.69	**	77.98
KI	4,830	1	4,830	16.54	**	8.31
10% HAc	81	1	81	—	—	—
$KIO_3 \times KI$	4,249	3	1,416	4.88	*	6.04
$KKIO_3 \times HAc$	1,420	3	473	—	—	—
$KI \times HAc$	7	1	7	—	—	—
誤 差 (e)	830	3	277	—	—	—
計	55,826	15	—	—	—	—
e′	2,338	8	292	—	—	7.67

$F^{3}_{8(0.05)}=4.07$　$F^{3}_{8(0.01)}=7.59$　$F^{1}_{8(0.01)}=11.26$

由表二得知 KIO_3 添加量及 KI 濃度二者對吸光度的影響非常顯著，且二者之間有交互影響，尤其 KIO_3 添加量影響最鉅，其貢獻率（Degree of Contribution）達 78%，根據上述結果，再設計 KIO_3 與 KI 二因素三階次的 L_9（3^4）追加試驗，決定高濃度測定條件如下：

20%（W/V）	樣品糖液	25 ml/50 ml
10% KI	溶液	1.5 ml/50 ml
10% HAc	溶液	2.5 ml/50 ml
0.1 N KIO_3	溶液	6 ml/50 ml

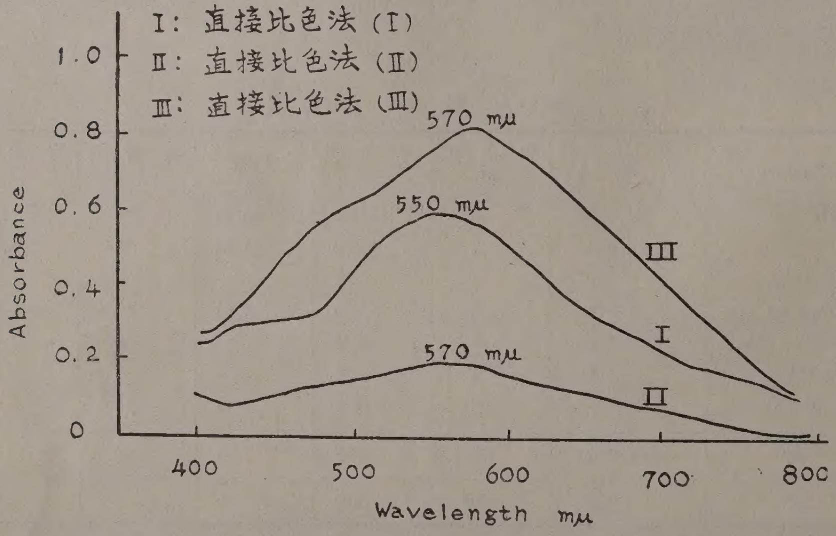
⑵直接比色法（Ⅱ）：根據實驗二（表一）的設計，利用 L_{16}（2^{15}）直交表的實驗結果得知 KIO_3 溶液添加量的影響非常顯著，再經 KIO_3 添加量的追加試驗，確定中濃度最適測定條件如下：

10%（W/V）	樣品糖液	25 ml/50 ml
10% KI	溶液	0.5 ml/50 ml
10% HAc	溶液	2.5 ml/50 ml
0.03 N KIO_3	溶液	5 ml/50 ml

⑶直接比色法（Ⅲ）：參照實驗二試驗結果與 Balch 法比色條件擬定低濃度測定條件如下：

10%（W/V）	樣品糖液	25 ml/50 ml
10% KI	溶液	0.5 ml/50 ml
10% HAc	溶液	2.5 ml/50 ml
0.01 N KIO_3	溶液	5 ml/50 ml

2. 測定波長：以 Beckman DK-2A 測定上述三種測定法在 400～800mμ 各波長的吸光度，其結果如圖一所示，直接比色法（Ⅰ）以 550mμ 爲宜，（Ⅱ）與（Ⅲ）法均爲 570 mμ。



圖一、Starch-Iodine Complex 吸光光譜

3. 呈色反應時間：試藥添加呈色後，其吸光度與時間經過的關係如表三所示；自呈色試藥添加搖勻後在下列時間內測定其吸光度時並無顯著的差異。

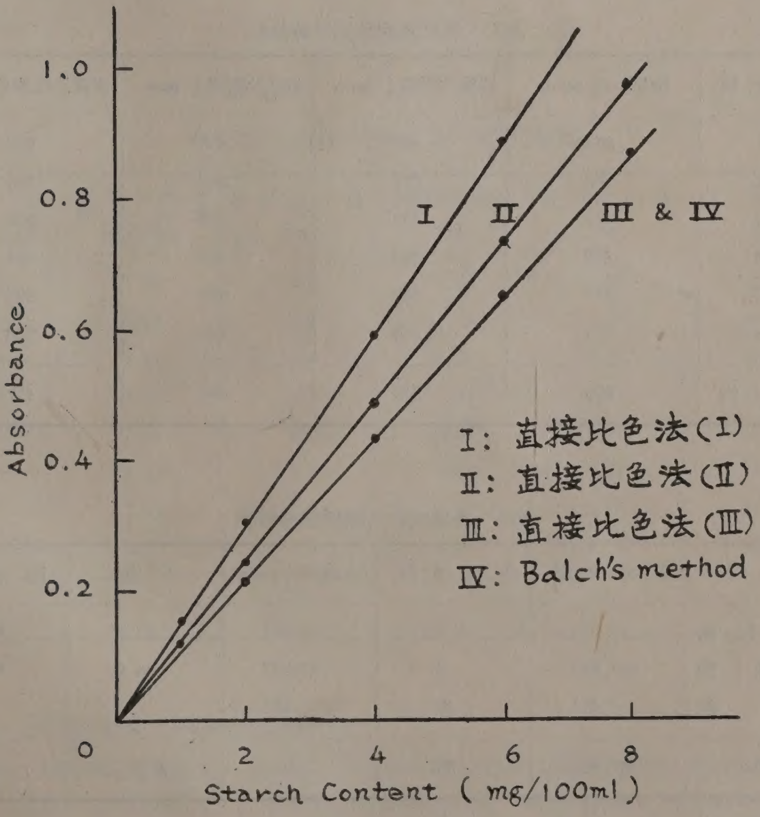
直接比色法（I）： 5～30分鐘內

〃 〃 （II）： 18～30分鐘內

〃 〃 （III）： 15～30分鐘內

表三、直接比色法呈色反應與時間的關係

方法 ＼ 吸光度 ＼ 時間(分)	2	3	4	5	6	8	10	14	15	18	20	25	30	35
直接比色法（I）	—	0.757	0.759	0.760	0.760	0.761	0.761	0.761	0.761	—	0.761	0.761	0.760	0.759
直接比色法（II）	0.870	—	0.889	—	0.908	0.928	0.935	0.949	0.953	0.957	0.957	0.958	0.957	0.954
直接比色法（III）	0.680	—	0.493	—	0.702	0.707	0.707	—	0.700	—	0.699	0.700	0.699	0.678



圖二、標準澱粉吸光度曲線（玉蜀黍澱粉）

4. 測定範圍：由純玉蜀黍澱粉（Pure Corn Starch）配成不同濃度的 10～20 %蔗糖溶液，按上述各種測定法測定其吸光度，可劃製標準澱粉曲線（圖二）。玉蜀黍與甘蔗在植物分類上同屬禾本科（Grass Family），由於甘蔗澱粉不易得，故以玉蜀黍澱粉代替甘蔗澱粉繪製的標準澱粉曲線，較之其他澱粉更能代表甘蔗糖中澱粉含量的眞値[12]，根據圖二，上述各測定法的比色測定範圍（對檢試比色液而言）如下：

直接比色法（Ⅰ） 6mg/100ml 以下
〃 〃 （Ⅱ） 8mg/100ml 以下
〃 〃 （Ⅲ） 8mg/100ml 以下

5. 分析準確度（Accuracy）

上述三種直接比色法在其最適宜測定條件下與標準法利用同一糖樣作比較測定，以檢定各測定法與標準法間的變異程度作爲選定的依據，其測定結果如表四所示，表中測定値係重覆測定二次的平均值。根據變異數分析（Variance Analysis）檢定各測定法間之差異情形則如表五所列；各測定法間雖顯示有良好的相關性，但有非常顯著的差異。如以標準法爲比較標準而檢定各測定法與標準法之差異程度時，由表六得知除比色法Ⅲ無顯著的差異外，其他二法均顯示有非常顯著的差異。

表四、各種測定法測定値比較

樣品號碼	Balch 法 ppm	直接比色法Ⅰ ppm	直接比色法Ⅱ ppm	直接比色法Ⅲ ppm
1	354	482	466	367
2	260	379	369	308
3	478	648	619	508
4	493	543	562	469
5	517	658	616	496
6	275	348	349	304
平 均	396	510	497	411

表五、各種測定法間變異分析表

	平方和 SS	自由度 df	平均平方 ms	F 値	顯著性
測定法間	60,925	3	20,308	33.71	**
樣品間	261,848	5	52,369	86.94	**
誤差	9,034	15	602		
計	331,807	23			

註：$F^{3}_{15(0.01)} = 5.417$ $F^{5}_{15(0.01)} = 4.556$

表六、各種測定法與 Balch 法測定值間顯著性檢定

	Balch 法 與直接比色法 I	Balch 法 與直接比色法 II	Balch 法 與直接比色法 III
5 % 顯著水準 $\sqrt{2K\sigma_e^2 \quad F^1_{15(0.05)}}$	181.2	181.2	181.2
1 % 顯著水準 $\sqrt{2K\sigma_e^2 \quad F^1_{15(0.01)}}$	250.5	250.5	250.5
差異 Idl	681**	604**	87△
判斷	差異非常顯著	差異非常顯著	差異不顯著

由表七（A）顯示直接比色法（III）具有良好的分析準確度，在八種不同澱粉含量的粗糖樣品中添加不同程度之已知量的純玉蜀黍澱粉溶液，以檢定該法之準確度時獲得滿意的結果。表七（A）的數據係二次測定值的平均值，其檢出率（Recovery）在 94.4～99.8% 之間，平均達 97%。

表七（A）直接比色法（III）分析準確度

樣品號碼	樣品中原有澱粉含量 mg/10gm	澱粉添加量 mg	澱粉總測定值 mg	澱粉檢出量 mg	檢出率 %
1	3.41	4.0	7.26	3.85	96.3
2	3.07	5.0	8.06	4.99	99.8
3	5.11	2.0	7.02	1.91	95.5
4	4.17	3.0	7.08	2.91	97.0
5	2.63	6.0	8.46	5.83	97.2
6	4.49	1.6	6.00	1.51	94.4
7	2.60	4.6	7.16	4.56	99.1
8	3.82	1.0	4.81	0.99	99.0
平均					97.3

6. 分析再現精度（Reproducibility）

以同一粗糖樣品重覆測定（Duplicated）而比較各測定法的分析再現性，其結果列如表七（B）。比色法（II）與（III）的再現精度均較標準法為佳。以變異係數（Coefficient of Variation）表示，分別為 1.34 與 2.55%，而標準法為 6.05%。

表七（B）各種測定法分析誤差比較表

Method / Item	Balch's method			Direct Colorimetric method（Ⅰ）			Direct Colorimetric method（Ⅱ）			Direct Colorimetric method（Ⅲ）		
	X_1	X_2	R	X_1	X_2	R	X_1	X_2	R	X_1	X_2	R
Sample No. 1	322	386	64	516	446	72	470	462	8	370	364	6
2	252	268	16	398	360	38	369	369	0	312	304	8
3	452	504	52	672	626	46	622	616	6	522	518	4
4	484	502	18	528	558	30	563	561	2	475	463	12
5	514	521	7	690	626	64	615	618	3	508	483	25
6	273	278	5	360	336	24	362	336	26	296	312	16
Mean Value of R ($\bar{R}$)	27.0			45.7			7.5			11.8		
Standard deviation (σ)	23.9			40.5			6.6			10.5		
Coefficient of % variation	6.05			7.94			1.34			2.55		

註：Standard deviation $(\sigma) = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{\bar{R}}{1.128}$

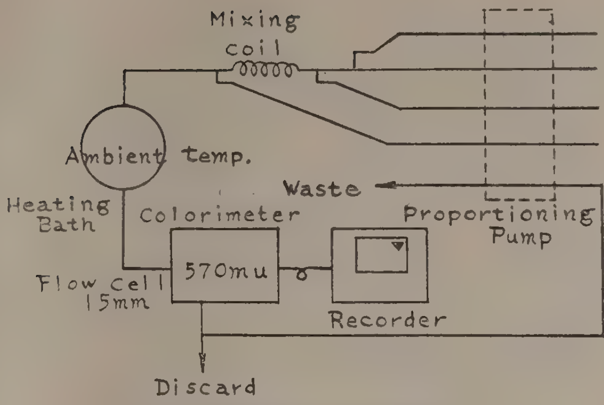
Coefficient of Variation $= \frac{\sigma}{\bar{X}} = \frac{\sigma}{(X_1i + X_2i)/12}$

7. 簡速比色測定法的推薦

根據上述各種實驗結果確認直接比色法（Ⅲ）符合簡易、迅速、準確而可靠的要求，糖樣配成低濃度（10～20%）糖液，經濾紙過濾後即可供比色測定。其測定值與標準法（Balch法）十分一致，由十三次對照測定值統計結果，兩法間並無顯著的差異，其相關係數為0.97。其再現精度則較標準法為佳。本測定法的比色操作與 Balch 法相同，可視為 Balch 法的簡化法，為最簡速的砂糖中澱粉測定法，且本法適於發展為自動分析法。

二、自動分析法

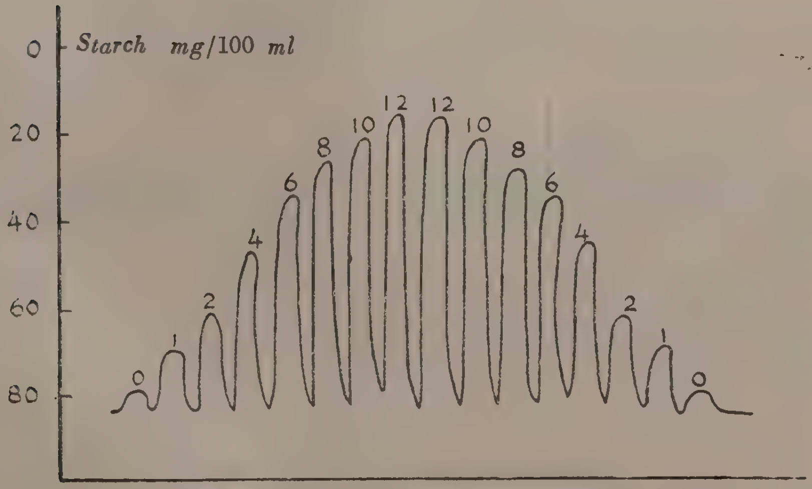
1. 自動分析儀測定流程圖的設計：利用上述所發展的最適宜測定法；直接比色法（Ⅲ）的測定條件，設計適合於 Technicon AutoAnalyzer 自動分析法的測定流程圖如圖三。



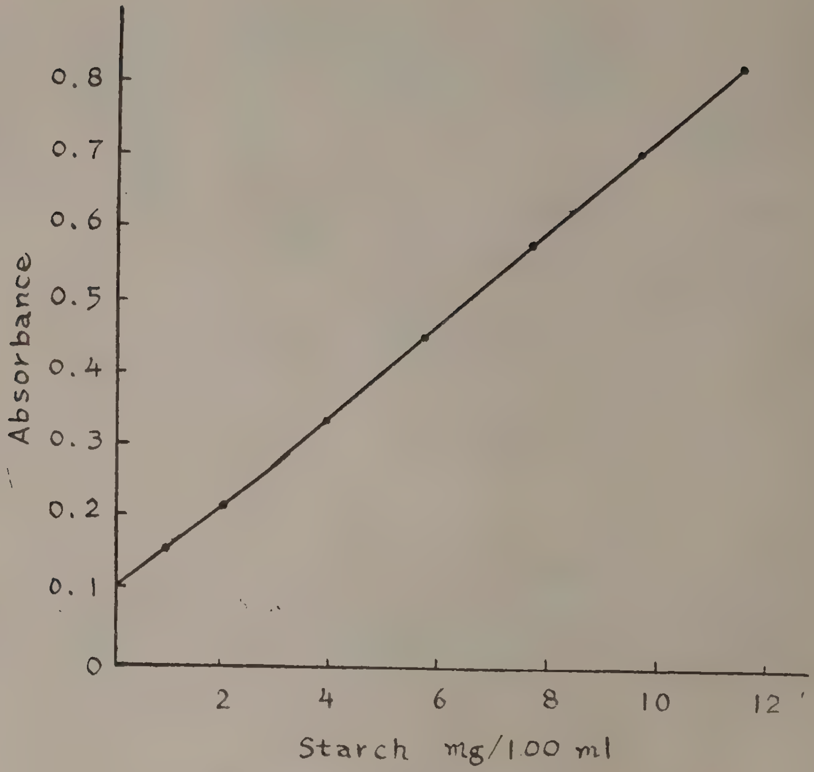
Reagents	ml/min.
Acid KI	2.00
Sample	1.60
Air	0.60
KIO_3	0.42
Waste	2.50

圖三、砂糖中澱粉含量自動測定流程圖

2. 標準曲線：以標準玉蜀黍澱粉溶液(1mg/ml)配成 0，1，2，4，6，8，10及12mg/100ml 濃度的 10%糖液，按圖三測定法，自動輸入自動分析儀，以 570 mμ 濾光板 (Filter)，15mm Flow Cell 測定其透光率並自動記錄於記錄紙上（圖四）換算爲吸光度作成標準澱粉曲線圖（圖五）係爲直線，其測定範圍在 12mg/100ml 以內。



圖四、 AutoAnalyzer 記錄紙上標準澱粉曲線



圖五、 **AutoAnalyzer** 計算用標準曲線圖

3. 自動分析法分析精確度（Accuracy）

利用十三個粗糖樣品比較自動化分析法與Balch法（標準法）的測定結果，由表八可看出兩法測定值間具有良好的相關性，其相關係數爲 0.978。 根據 t 檢定分析兩法測定值間的差異程度如下：

$$t_0 = 2.047^{\Delta} < t_{(12,0.05)} = 2.179$$

並無顯著的差異，其準確度可靠而令人滿意。

表八、自動分析法與 Balch 法測定值比較

樣品號碼	自動分析法					Balch 法
	Absorbance				Starch ppm	Starch ppm
	Sample A	Blank B	Reference C	Net A-(B-C)		
1	0.328	0.046	0.013	0.295	334	354
2	0.299	0.048	0.013	0.264	284	260
3	0.414	0.054	0.013	0.373	472	478
4	0.402	0.058	0.013	0.357	441	493
5	0.422	0.066	0.013	0.369	463	513
6	0.292	0.044	0.013	0.261	278	275
7	0.323	0.058	0.013	0.278	309	344
8	0.292	0.044	0.013	0.261	278	276
9	0.408	0.042	0.013	0.379	487	486
10	0.351	0.044	0.013	0.320	381	376
11	0.390	0.049	0.013	0.354	441	480
12	0.259	0.042	0.013	0.230	228	227
13	0.350	0.053	0.013	0.310	363	374
平均					366	380

4. 自動分析法的再現精度

自動分析法不僅自動，快速且在測定過程中不假人手，可免除人為上及測定過程中不明原因的誤差，由表九得知自動分析法的再現精度較之其他測定為佳，其分析標準差為 8.1 ppm，變異係數為 2.14%。

表九、自動分析法與其他測定分析法誤差的比較

項目 \ 方法		自動分析法	Balch 法	直接比色法（Ⅲ）
標準差 (σ)	ppm	8.1	23.9	10.5
變異係數	%	2.14	6.05	2.55

5. 自動分析法的評價

根據上述各項實驗結果得知自動分析法具有良好的分析準確度與再現精度，與Balch法比較，兩法測定值間並無顯著的差異，惟自動分析法的分析精度則遠較Balch法為佳。本法之分析速度較之其他任何方法為快，每小時平均可分析 6～10 個樣品，必要時可調整為15個樣品，簡速可靠適於大量樣品之分析以及現場經常分析工作。

誌謝：本試驗在進行中承本所化驗服務中心施並輝先生之協助，特誌謝忱。

四、參 考 文 獻

(1) P. F. Meads (1968) .Proc. 10th, Conger. I.S.S.C.T. 13, 329.

(2) Pendse S. B. et al (1966) . Indian Sugar, 16 (4),329.

(3) T. Yamane, K. Suzuki, and T. Kaga (1966) .Proc. Res. Soc: Japan Sugar Ref. Technol. 17; 84.

(4) T. Kaga, K. Suzuki and T. Yamane (1966) . Proc. Res. Soc. Japan Sugar Ref. Technol .17:92.

(5) J. B. Alexander (1957) . Proc. 31th. Ann. Congr. South African Technol. Assoc. 68.

(6) J. F. Chu and F. C. Chu (1961) . Taiwan Sugar (1): 18.

(7) R. I. Nicholson (1959) . Proc. 10th Congr. I.S.S.C.T. 313.

(8) K. Douwes-Dekker (1962) . Proc. 11th Congr. I.S.S.C.T. 869.

(9) C. W. Davis (1959) .I.S.J. 61, 300.

(10) E. C. Vignes (1961) . Mauritius Sug. Ind. Res. Institute Ann. Report 80

(11) R. D. Archibald and R. P. Fennings (1967) . South African S. J. 671.

(12) S. Bose, K. C. Gupta and S. Mukherjee (1968) . Indian Sugar 739.

(13) R. T. Balch (1953) . Sugar J. 15 (8) 11.

(14) Norton A. Casher and James J. Friloux (1966) . J. Agr, Food Chem. 14. (4) 435.

(15) Report of the Proc, 12th Session of I.C.M.M.S.A. 118 (1958) .

製糖分析法自動化之研究
Ⅱ、白糖中二氧化硫含量自動分析法[1]

桑祥麟　鄭文清[2]

摘　　要

㈠本實驗利用 Carruthers 氏等所發展之洋紅（Rosaniline）比色法，經研究改進與適用於Technicon 自動分析儀（Auto Analyzer）發展成簡速而可靠之自動分析法，用以測定白糖中二氧化硫含量，經已獲得滿意之結果。其測定值與洋紅比色法相較非常一致，根據變異數分析顯示並無顯著之差異，而兩測定法間的標準差則僅爲 0.108ppm，變異係數爲 1.17%。該測定法不僅快速，其分析精度與再現性亦較其他方法爲佳。又該法本身之標準差爲 0.097 ppm 變異係數爲1.21 %，較之洋紅比色法標準差 0.453 ppm 及變異係數 6.35 %爲小。其測定速度每小時約可分析 15－20個樣品，必要時可調整爲30個樣品。

㈡本試驗自行發展之直接比色法係用碘直接比色，該法經試驗顯示雖然不能應用於 Technicon 自動分析儀，成爲自動分析法，但仍爲可靠之比色測定法。其測定值與洋紅比色法相較並無顯著之差異，惟其標準差與變異係數則均較洋紅比色法爲小。

一、引　　言

白糖中含有二氧化硫爲量甚微，但爲消費者及食品法規上要求嚴格項目之一。目前一般所採用白糖中二氧化硫測定方法可分爲四類；直接滴定法，蒸溜滴定法[1][2][5]，比色法[3][4]和 Polarography 法[6]。至於自動分析法則迄今尚未被發展。直接滴定法因操作簡易，不需特殊裝置，分析精度亦佳，故廣被採用，惟需用樣品量較多，且在滴定過程中因須不斷振搖，致使空氣滲入引起氧化作用，以及終點判明誤差等，將導致分析誤差，尤其低含量樣品其誤差較大；蒸溜滴定法則因需要特殊蒸溜裝置，樣品需用量龐大，測定手續繁複費時，不適於管制分析及經常分析工作；Polarography 法雖然操作容易，精度亦佳，但需要特殊儀器設備。比色法則因需用樣品量少，分析精度高，操作簡易快速法測定範圍亦廣，故爲目前廣被採用的測定方法。Carruthers等應用 Rosaniline比色法測定白糖中二氧化硫含量，獲得滿意之結果，並經第十四屆ICUMSA 推薦採用。一般而言，Rosaniline 比色法較其他方法簡速，分析精度亦佳，但測定過程中仍難免人爲上與玻璃儀器刻度上所致之分析誤差。本試驗以增加分析速度，提高再現精度（

(1)台灣糖業試驗所審定發表論文第6—60號。
(2)本所化驗服務中心兼主任、十一等化學監。
(3)本文於59年12月21日收到。
(4)本研究曾獲國家科學委員會之補助。

Reproducibilty）以及減低分析誤差爲目的，擬應用比色法發展適合於 Technicon Auto Analyzer 之自動分析法；除依照 Rosaniline 法測定條件設計爲自動分析儀之測定流程圖（Flow Diagram）外，並應用實驗計劃法設計直接添加碘液之比色法，經比較試驗與誤差檢定認可後，再設計爲自動分析法，以與 Rosanihne 自動分析分析法比較，作爲發展新分析法選擇與評價之依據。

二、實 驗 方 法

一、儀　器

1. Beckman Dk-2A Ratio Recording Spectrophotometer
2. Technicon AutoAnalyzer

二、分析方法

1. 直接滴定法：量取約 150ml 蒸溜水於 250ml，三角瓶中，加10ml 0.2％澱粉指示劑，10ml 5％ 鹽酸溶液，以滴定管逐滴添加標準碘溶液（1ml÷0.2mg SO_2）至淡藍色出現爲止。加入50克樣品糖，緩慢振搖三角瓶以溶解之，繼續滴加標準碘溶液至淡藍色再出現。記取自糖樣加入後碘液的消耗 ml 數，依下式求出 SO_2 含量

$$SO_2\ (ppm) = A \times B \times 20$$

式中　A＝碘液消耗 ml 數

B＝碘液濃度（mg SO_2／ml）

2. 洋紅比色法[3]

試藥：

A. 洋紅（Rosaniline）原液：溶解約一克洋紅鹽酸鹽（Rosaniline Hydrochloride）於 100ml 蒸溜水中加熱至 50°C，振搖至冷却，放置 48小時，其間不時加以搖動。過濾。

B. 漂白洋紅溶液（Bleached rosaniline Solution）；吸取上項洋紅原液 4ml，加 6ml 濃鹽酸，混勻，加蒸溜水至 100ml，放置一小時後，就可供用。

C. 0.2％甲醛溶液：5ml 40％甲醛加蒸溜水沖稀配成一公升。

測定法：秤取 10～20 克糖樣於 100ml 量瓶，加蒸溜水（約 50～60ml）緩慢振搖溶解之，加0.1N氫氧化鈉溶液 4ml，加蒸溜水至刻度。吸取上述糖液 10ml 於乾燥試管中，加 2ml 漂白洋紅溶液，搖勻，繼加 2ml 0.2％甲醛溶液，搖勻，在常温下放置 25～35分鐘，以 10mm 比色管在 570mμ 測定其吸光度，比照標準曲線，算出 SO_2 含量。

3. 直接比色法

爲本試驗擬設計的簡速比色法。係利用定量碘液添加於樣品糖液中，以氧化二氧化硫，再使殘存的碘與澱粉呈色，測定其吸光度，計算二氧化硫含量。

本試驗係利用二次 L_8 直和法直交表實驗計劃法實驗。實驗之因素與階次選定如表一，實驗的配置則如表二。以 Beckman DK-2A Ratio Reoording Spectrophotometer 測定各波長下之吸光度（Absorbance）。根據各實驗之最高吸光度，以統計分析法決定測定條件。

表一 實驗的因素與階次

因素	第一次實驗的階次		第二次實驗的階次	
A. 5%鹽酸添加量 ml.	$A_1=0$, $A_2=2$, $A_3=4$, $A_4=6$		$A_4=6$, $A_5=8$, $A_6=10$, $A_7=12$	
B. 糖液濃度 %	$B_1=10$,	$B_2=20$	$B_2=20$,	$B_3=40$
C. 呈色時間 min.	$C_1=10$,	$C_2=70$	$C_2=70$,	$C_3=130$
D. 0.5%澱粉溶液 ml.	$D_1=3$,	$D_2=6$	$D_2=6$,	$D_3=9$
E. 測定溫度 °C	$E_1=20$,	$E_2=25$	$E_2=25$,	$E_3=30$

註：(1) 標準碘液（≒0.1mg SO_2/ml）添加量 3ml

(2) 最後添加蒸溜水配成 100ml

三、實驗結果與討論

Ⅰ、比色測定法

一、直接比色法的測定條件

根據表一實驗因素與階次，實驗之配置排列如表二及表三。實驗順序按隨機化進行，實驗結果係以最高吸光度爲測定值，獲得最高吸光度的波長爲最適波長，各實驗測定值分別記錄於表二及表三。

表二、第一次實驗的配置與結果

實驗順序	因素→ / 列 / 號碼	A_1 A_2 A_3 A_4 (1 2 3)	B_1 B_2 (4)	C_1 C_2 (5)	D_1 D_2 (6)	E_1 E_2 (7)	實驗結果 (Absorbance)
4	1	1	1	1	1	1	0.175
1	2	1	2	2	2	2	0.353
3	3	2	1	1	2	2	0.660
2	4	2	2	2	1	1	0.401
5	5	3	1	2	1	2	0.430
8	6	3	2	1	2	1	0.672
6	7	4	1	2	2	1	0.693
7	8	4	2	1	1	2	0.471

表三、第二次實驗的配置與結果

實驗順序	因素 / 列 / 號碼	A_4 A_5 A_6 A_7 (1 2 3)	B_2 B_3 (4)	C_2 C_3 (5)	D_2 D_3 (6)	E_2 E_3 (7)	實驗結果 (Absorbance)
5	1	4	2	2	2	2	0.675
3	2	4	3	3	3	3	0.730
7	3	5	2	2	3	3	0.920
4	4	5	3	3	2	2	0.673
8	5	6	2	3	2	3	0.695
1	6	6	3	2	3	2	0.954
6	7	7	2	3	3	2	1.010
2	8	7	3	2	2	3	0.702

綜合實驗一及實驗二之實驗結果，以變異數分析檢定各因素之顯著性，其結果列如表四：

表四、直接比色法各因素綜合變異數分析

因素		自由度 df	平方和 ss	平均平方 ms	F 值	顯著性	貢獻率
R		1	391,876	391,876	168.19	**	51.0
A	A_1 A_2 A_3 A_4	3	129,275	43,092	18.49	**	15.8
	A_4 A_5 A_6 A_7	3	26,300	8,767	3.76	△	2.3
B	B_1 B_2	1	465△				
	B_2 B_3	1	7,260△				
C	C_1 C_2	1	1,276△				
	C_2 C_3	1	2,556△				
D	D_1 D_2	1	101,475	101,475	43.55	**	12.9
	D_2 D_3	1	94,395	94,395	40.51	**	12.1
E	E_1 E_2	1	91△				
	E_2 E_3	1	8,778	8,778	3.77	△	0.8
e							
Σ		15	763,747				
e′		5	11,648	2,330			5.1

根據表四綜合變異數分析結果與綜合推定法抉擇最適測定條件如下：

1. 測定波長：根據吸光度曲線（圖一）以570mμ爲宜。

2. 檢液的最適PH值：根據變異數分析，5% HCl 添加量在 6ml/100ml 範圍內對吸光度有非常顯著的影響，超過 6ml/100ml 時影響不顯著。爲求進一步的確認，將其他測定條件固定於最適條件下，變更 HCl 添加量時，其結果如下：

5%HCl 添加量 ml/100ml	0	2	4	6	8	10	12
吸　光　度	0.502	0.761	0.810	0.862	0.862	0.860	0.862

5% HCl 之添加量以 6ml/100ml 為宜，溶液 PH 為 1.0。

3. 測定範圍：根據二氧化硫標準曲線（圖三），比色液濃度在 300μg/100ml 以內時適用，亦即在 10%糖液濃度時可檢定 0～30ppm SO_2，惟在低含量時檢出靈敏度（Sensitivity）略差。

4. 呈色反應時間：比色液的放置時間對測定值並無顯著影響。惟自下述輔助實驗得知，比色液在12分鐘後穩定不變，故在試藥添加12分鐘後，測定為宜。

放置時間(分)	2	4	6	8	10	12	16	20	25	30
吸　光　度	0.871	0.882	0.888	0.894	0.897	0.900	0.900	0.901	0.900	0.900

5. 測定溫度：在常溫下測定對測定結果影響不顯著。

6. 0.5%澱粉指示劑添加量：添加量與吸光度成顯著的正相關，惟以8ml/100ml為宜。

二、直接比色法測定方法：

根據上述實驗之最適宜測定條件，經設計測定方法如下：

1. 試藥：

A. 5%鹽酸溶液：濃鹽酸 112ml，加蒸溜水沖稀為一公升而成。

B. 0.5澱粉溶液：純可溶性澱粉在105°C 烘箱內烘乾，正確秤取5克，以熱水溶解，待冷後，加水配成一公升。

C. 標準碘溶液：分別秤取 3 克碘化鉀與 0.4 克碘，先以少量蒸溜水溶解碘化鉀，再以碘化鉀溶液溶解碘，沖稀配成一公升。本溶液每 ml 約相當於 0.1 mg SO_2，其強度係數以標準硫代硫酸鈉溶液檢定之。本溶液須儲存於褐色試藥瓶，不宜久存，最好每星期測定其係數一次為宜。

2. 測定法：秤取白糖樣品 5～10 克於 50ml 量瓶，加水約 30ml 溶解之，順序加入標準碘液1.5ml，振搖，繼加 0.5%澱粉溶液 4ml 及 5%鹽酸溶液 3ml，加水至刻度，搖勻，以 10 mm比色管在 570mμ 波長測定其吸光度。其比色對照液係含有同量的澱粉與鹽酸之10～20%純蔗糖液(或無 SO_2 之白糖)為之。由吸光度測定值對照標準二氧化硫曲線算出樣品中SO_2含量。

三、直接比色法再現性試驗

在已知二氧化硫含量的白糖糖液中，添加一定量的二氧化硫溶液（Na_2SO_3 溶液），再測定其二氧化硫總量，可計算添加二氧化硫之檢出率，作為評價本測定法再現性之依據，結果如表五：

表五、白糖糖液中添加的二氧化硫檢出率（直接比色法）

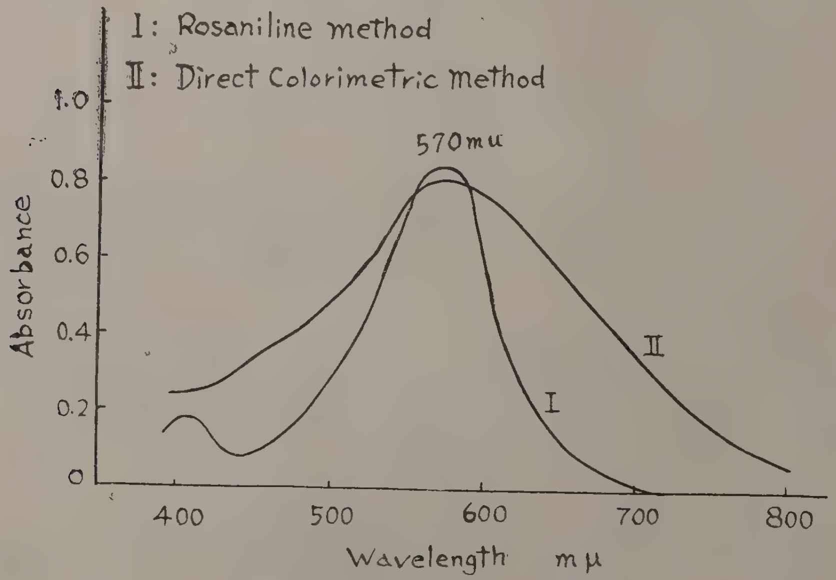
樣品	糖液濃度 g/100ml	SO_2 添加量 μg	吸光度 (570mμ)	SO_2 測定值 μg	SO_2 檢出量 μg	SO_2 檢出率 %
A	10	0	0.551	134.8		
	10	89.0	0.242	228.5	93.7	105.3
B	20	0	0.540	145.0		
	20	66.8	0.321	210.2	65.2	97.6
C	10	0	0.639	108.2		
	10	100.4	0.323	207.5	99.3	98.9
D	10	0	0.687	89.5		
	10	150.6	0.197	245.0	155.5	103.3
E	10	0	0.562	135.4		
	10	50.2	0.402	184.0	48.6	96.8
F	10	0	0.724	73.4		
	10	150.6	0.269	223.5	150.1	99.7
平均						100.3

由上表數據可看出直接比色法具有良好的分析再現性與可靠性。

四、洋紅比色法測定條件的檢討

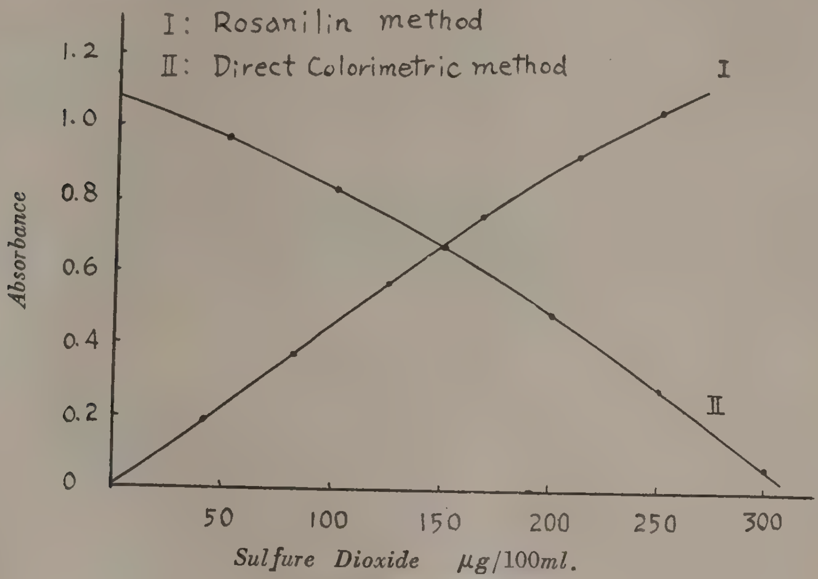
按 Carruthers 測定方法，以 Beckman DK-2A Ratio Recording Spectrophoto meter 重行檢討其測定條件，結果如下：

1. 測定波長：最高吸光度波長為 570mμ，與原定之 560mμ 相近（圖一）



圖一、直接比色法與 Rosoniline 法吸光光譜

2. 測定範圍：根據標準曲線圖（圖二），SO_2 含量以不超過 250 μg/100ml 爲宜，超過該濃度時，靈敏度減低。



圖二 二氧化硫標準曲線圖

3. 測定操作時，試藥添加順序不可有誤，否則將招致極顯著的誤差，在添加 Bleached rosaniline Solution 後必須搖勻，方可加入甲醛溶液，以免呈色反應不全，影響測定値，須加注意。

4. 呈色反應時間：與 Carruthers 測定法相同，須在呈色後25～35分鐘內完成比色。

五、比較測定與分析誤差

十批特砂樣品，以直接滴定法，洋紅比色法以及上述實驗所設計之直接比色法等三種測定法作比較測定，每樣品重覆測定一次，其二次測定平均値列如表六，利用變異數分析檢定各測定法間之差異情形，結果如表七。

表六、特砂 SO_2 不同測定法測定値比較表 （單位 ppm）

樣品號碼	直接滴定法	洋紅比色法	直接比色法	樣品號碼	直接滴定法	洋紅比色法	直接比色法
1	0.00	0.00	0.00	7	8.11	8.78	8.95
2	7.85	10.57	11.35	8	10.73	11.05	12.90
3	7.78	10.72	11.80	9	11.33	12.17	12.90
4	12.19	14.55	15.60	10	5.35	6.25	6.20
5	8.78	10.27	10.82				
6	7.46	7.61	8.50	平　均	7.95	9.20	9.89

表七、特砂 SO_2 不同測定法變異起分析表

	平方和 ss	自由度 f	平均平方 ms	F 值	判斷
測定法間	192,718	2	96,359	17.368**	差異非常顯著
樣品間	1,419,485	9	157,721	28.428**	差異非常顯著
誤差	99,860	18	5,548		
計	1,712,063	29			

根據變異數分析結果得知，各測定法的測定值間有非常顯著的誤差，如分別檢定每兩種測定法間之差異情形（見表八），則可看出兩種比色法（洋紅比色法與直接比色法）間並無顯著的差異外，滴定法與兩種比色法相較則非常顯然地偏低。

表八、特砂 SO_2 測定法間測定值比較分析表

	直接滴定法與洋紅比色法	洋紅比色法與直接比色法	直接滴定法與直接比色法
F	13,969**	4,353△	33,918**
$F^{1}_{18(0.05)}$	—	4,414	—
$F^{1}_{18(0.01)}$	8,285	—	8,285
判斷	差異非常顯著	差異不顯著	差異非常顯著

各測定法之分析誤差，以三個特砂樣品各作五重覆測定，其結果經統計檢定列如表九

表九、各種測定法分析誤差

分析誤差 \ 測定法	直接滴定法	洋紅比色法	直接比色法
平均標準差 $(\bar{\sigma})$ ppm	0.114	0.453	0.104
平均變異係數 %	1.99	6.35	1.35
全距 $(\bar{R})$ ppm	0.33	1.29	0.28
最大誤差率 $(\bar{R}/\bar{X} \times 100)$ %	4.82	17.62	3.52

根據表七～九之數據綜合檢討如下：

1. 洋紅比色法：測定操作簡易，但分析精度略差，分析標準差（Standard deviation）爲 0.453 ppm，變異係數（Coefficient of variation）爲 6.35%，五次重覆測定值之最大誤差率爲 17.62%，爲三方法中最大者。其測定值與直接比色法相較並無顯著的差異，但較滴定法平均高13%。

2. 直接滴定法：與兩種比色法比較，測定結果雖有良好的相關性，但顯然地偏低，其原因可能爲滴定過程中部分 SO_2 由於溶液的强酸性之作用而逸失，部分 SO_2 則由於不斷振搖因空氣之氧化作用致使測定值偏低，其分析誤差在三者中居中，標準差爲 0.114 ppm，變異係數爲 1.99%。

3. 直接比色法：其測定值與洋紅比色法相較並無顯著的差異，但較滴定法偏高約20%。本法之分析誤差在三測定法中爲最小者。係簡速可靠的測定法。

Ⅱ、自動分析法

根據上述實驗的測定條件，將洋紅比色法與直接比色法設計爲適合於 Technicon Auto Analyzer 的自動分析法，以自動測定特砂中二氧化硫含量，實驗結果顯示，直接比色法之測定值甚不穩定，再現性頗差，不適於自動分析法；而洋紅比色法則獲得滿意的結果。茲將其自動分析法列述如下：

一、儀器：Technicon AutoAnalyzer

二、試藥：

A. 漂白洋紅溶液（Bleached Rosaniline Solntion），與上述洋紅比色法相同。

B. 0.2% 甲醛溶液。

C. 0.1N 氫氧化鈉溶液。

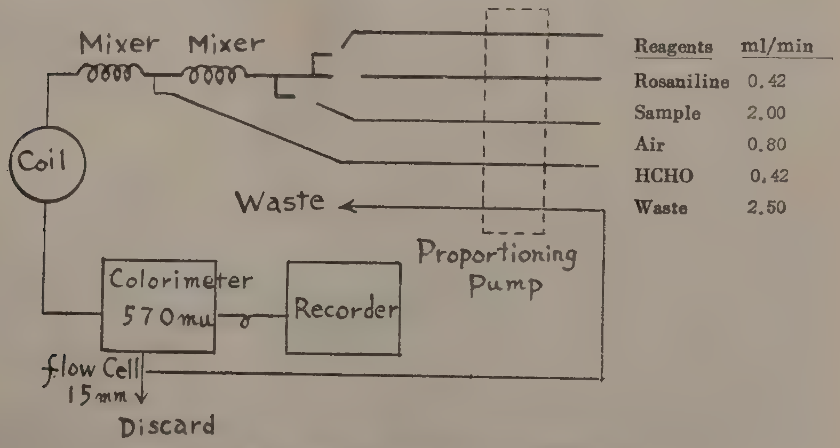
三、樣品調製：秤取白糖樣品5克，溶解於蒸溜水中，加 2ml 0.1 N 氫氧化鈉溶液，加水配成 50ml，直接供驗。

四、測定流程圖（Flow Diagram）之設計：

參照洋紅比色法各試藥的添加量與添加順序，設計配管圖（Manifold Diagram）及各測定儀器之配合如圖三。

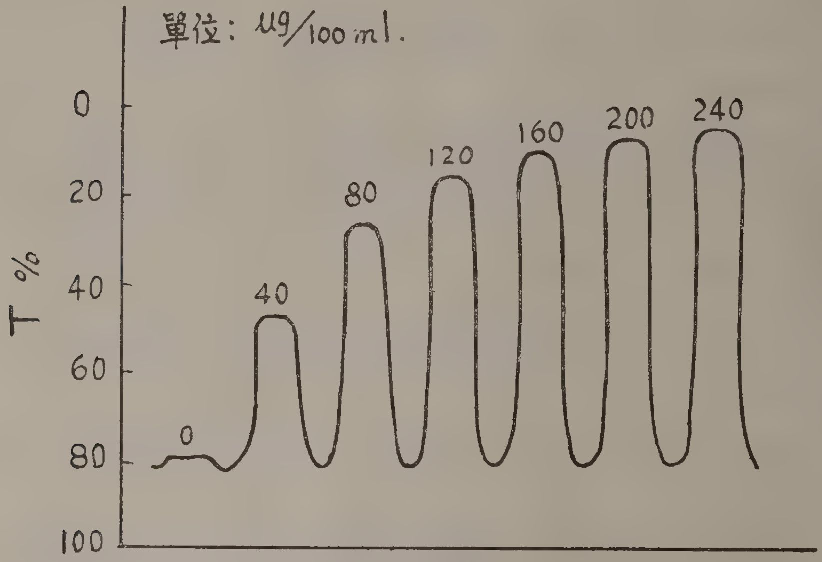
五、標準二氧化硫曲線：

以特級亞硫酸鈉（Na_2SO_3）配成 50μg/ml SO_2 含量的10%純蔗糖溶液。再以10%純蔗糖溶液配成含有 0，40，80，120，160，200 及 240μg SO_2/100ml 的各種不同濃度的標準液。自動輸入自動分析儀，以 570mμ，150mm flowcell 自動測定並記錄其透光率於記錄計之記錄

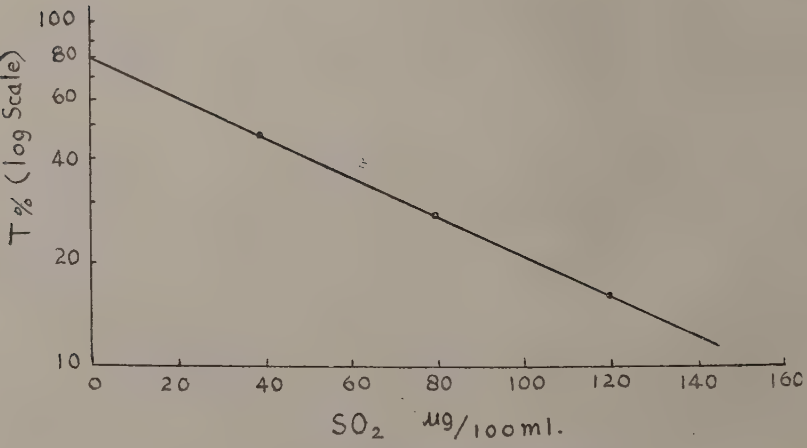


圖三、白糖中二氧化硫含量自動測定流程圖

紙上（見圖四），係以直方棒狀劃示，其高度與濃度成反比例，爲便於換算，特繪成半對數曲線圖（圖五）。自動分析法的測定範圍以 0~150μg/100ml. 爲宜，超過 150μg/100ml 時靈敏度較差。白糖中 SO_2 含量較高者可配成5%更低濃度之糖液供驗。



圖四、 Auto Analyzer 記錄計上 SO_2 曲線



圖五 Anto Aualyzer 計算用標準 SO_2 曲線圖

六、自動分析方法：

秤取糖樣 5克於 50ml 量瓶中，以蒸餾水溶解，加 2ml 0.1N NaOH溶液， 加水沖稀至刻度。將上述調製之糖液倒入自動送樣器（ Automatic Sampler ）之樣品杯內，與蒸溜水樣品

杯相隔排置，調整送樣速度爲 40 tests/hour，按照上述測定流程圖之配管圖將配管插入各試藥瓶中，樣品配管則與送樣器連接。開動儀器，使其自動測定，記錄各樣品之透光率。在測定過程中每隔若干小時需測定標準 SO_2 溶液之透光率 1～2 次，作爲校正之用。對照標準曲線算出 SO_2 之含量。

七、自動分析法之評價

十個特砂樣品以自動分析法重覆測定二次，其平均測定值（表十）與洋紅比色法相較，非常一致，並無顯著的差異。兩測定法間的比較分析標準差僅爲 0.103 ppm，變異係數爲1.17%與滴定法比較則有非常顯著的差異。至於自動分析法本身之分析誤差則遠較洋紅比色法爲小；其標準差爲0.097，變異係數爲 1.21%，五次重覆測定最大誤差率爲3.36%。顯示該自動分析法穩定可靠，其分析精度與再現性較其他測定法爲佳，顯著地發揮自動分析法的優點。其分析速度則增加爲每小時15～20個樣品，需要時可增爲每小時30個樣品。

表十、白糖 SO_2 含量自動測定法測定值顯著性檢定（t 檢定）

樣品號碼	直接滴定法 ppm	洋紅比色法 ppm	自動分析法 ppm	直接滴定法與洋紅比色法	直接滴定法與自動分析法	自動分析法與洋紅比色法
1	0.00	0.00	0.00			
2	7.85	10.57	10.70	to ＝ 3.655**	to ＝ 4.061**	to ＝ 0.414△
3	7.78	10.72	10.52			
4	12.19	14.55	13.80	$t_{(9,0.01)}$		$t_{(9,0.05)}$
5	8.78	10.27	9.85	＝ 3.250		＝ 2.262
6	7.40	7.61	8.05			
7	8.11	8.87	9.00			
8	10.73	11.05	11.25			
9	11.33	12.17	12.10			
10	5.35	6.25	6.25			
平均	7.95	9.20	9.15			

四、結　　論

1. 利用過量之碘氧化酸性白糖糖液中之二氧化硫後，使剩餘之碘與一定量之澱粉發生呈色反應而加以比色測定的原理，發展白糖中二氧化硫含量直接比色法。應用直交表實驗計劃法設計，實驗發展的直接比色法，其分析精度與再現性均較滴定法與洋紅比色法爲佳；重覆五次測定值的平均標準差僅爲 0.104 ppm，變異係數爲1.35%最大誤差率爲 3.52%。與其他測定法的測定值比較，顯示與洋紅比色法並無顯著的差異（5%顯著水準），而較滴定法之測定值則平均偏高20%左右，爲簡速可靠的比色測定法，其最適測定條件爲：測定波長 570mμ，測定範圍 0～300 μg/100ml，比色測定時間在 12～120 分鐘內無顯著的差異，惟對低含量之樣品，其靈敏度（Sensitivity）略差。

2. 在已知二氧化硫含量的白糖中添加定量的二氧化硫後，以直接比色法測定檢出率（Recovery）時，顯示良好的再現性，平均檢出率爲 100.3%。

3. 以 Beckman Dk—2A Ratio Recording Spectrophotometer 檢定洋紅比色法[3]結果認定其測定波長以 570mμ 爲宜；測定範圍超過 250μg/100ml 時測定靈敏度較差，試藥添加順序應先加漂白洋紅溶液，搖勻後再加甲醛，否則將招致顯著的誤差。

4. 兩種比色測定法的測定結果並無顯著的差異，但與滴定法則有非常顯著的差異存在。

5. 上述發展之直接比色法，不能應用於 Technicon 自動分析儀即無法改成自動分析法。

6. 利用洋紅（Rosaniline）比色法的測定條件經設計而應用於 Technicon 自動分析儀可發展成自動分析法，結果令人滿意，其分析精度與再現性遠較其他測定法爲佳；其分析標準差爲 0.097ppm ，變異係數爲 1.21%，五次重覆測定值中最大誤差率爲 3.36%。其測定值與洋紅比色法非常一致，二者之間並無顯著的差異。其最大的特點爲簡速可靠，一般每小時可分析15～20個樣品，如需要時可調整爲30個。

誌謝：本試驗在進行中承本所化驗服務中心施並輝先生之協助，特誌謝忱。

五、參 考 文 獻

1. Report of proc 12th Session ICUMSA P105 (1958)
2. Report of proc 13th Session ICUMSA P99 (1962)
3. A. Carruthers et al: Intern. Sugar J.67 364 (1965)
4. Method of Analysis A.O.A.C. 9th ed P150 (1965)
5. Method of Analysis A.O.A.C. 9th ed P466 (1965)
6. Report of Proc 14th Session ICUMSA (1966)

無硫特砂製造之研究[1]

桑祥麟　許瑞後　鄭鴻財[2]

摘　　要

1.耕地白糖法製造無硫特砂，在台灣係初度研究。

2.本研究目的在改良本公司現行碳酸法（即耕地白糖製造法）製造無硫特砂，探討在技術上及經濟上之可能性。分爲實驗室探討試驗及中間工場製造試驗，二階段均已完成。

3.本試驗已求得製造無硫特砂之最佳程序。即 2nd Carbonation Juice→add P_2O_5 to PH 6.8→Evaporation→Raw Syrup 60～65° Bx→Heat to 85° C→add Flocculent / Filter aid →Filtration →Syrup→Boiling→Sugar

4.與現行碳酸法相較，初步估計每噸糖需增加費用 N.T.$ 72.00，但與精煉法製得之無硫特砂相較，初步估計每噸糖可節省 N.T.$ 150.00

一、前　　言

就製糖立場而言，蔗汁中除蔗糖外，其餘皆稱爲雜質或非糖份，因其能影響蔗糖之結晶，必須儘可能予以清除，清淨之方法甚多，其基本概念爲蔗汁之加熱及加灰，加熱時蛋白質及膠質則凝固而被除去，石灰中和蔗汁之酸性及懸濁物之電荷而形成沈澱，一部份雜質即成爲沉澱物，另一部份則附着沈澱物同被清除。

清淨方法因加熱之先後，溫度之高低及使用清淨劑之種類及多寡不同，構成各種不同之清淨法，也就是不同的製糖方法，例如石灰法、亞硫酸法及碳酸法等。目前台灣所通用方法有二：以石灰法製造粗砂，採複式碳酸法製造特砂。碳酸法所得特砂成品之品質遠不及精煉糖，其中尤以含有二氧化硫最爲製罐業及飲料業所詬病，爲了製造不含二氧化硫之特砂，必須設法修正硫化操作，爲此得先瞭解硫化操作之主要功能。

現行碳酸法中之硫化操作（Sulphitation）主要作用爲：(1) 中和作用：二氧化硫通入蔗汁後形成亞硫酸，降低蔗汁之PH，使趨中性，以免強鹼及高温，致使醣類分解與着色。(2) 澄清作用：二氧化硫有如澄清劑，對蔗汁有清淨效果，因爲二氧化硫能與多種有機物形成凝聚沉澱物；與無機物形成亞硫酸鹽或硫酸鹽等沉澱物，故能使蔗汁澄清。(3) 脫色作用：亞硫酸的漂白

(1)台灣糖業試驗所審定發表論文第6—61號。

(2)本所工業化學系主任，十二等、八等化學工程師。

(3)本文於59年12月21日收到。

作用（Bleaching）是衆所週知的，所以二氧化硫作用於蔗汁，不但使大部份着色物質生成沈澱而澄淸，而且使另一部份着色物還原而脫色，使用其他無機酸，如硫酸、鹽酸等雖亦可發生中和作用但脫色作用效果極小。因此亞硫酸常被用於製造白糖。但由於它的漂白作用係還原性，一遇到空氣中之氧又漸被氧化而復原，所以脫色是暫時的，然而亞硫酸能將碳酸鹽變爲亞硫酸鹽，尤其蔗汁中含有鉀鹽時更爲有利，因碳酸鉀在加熱濃縮時容易變色，況且在亞硫酸飽和汁中，碳酸鹽變爲亞硫酸鹽後，不但具有漂白作用，兼能阻止糖汁在濃縮時之氧化，故亞硫酸飽和汁經濃縮後，其顏色可維持極淡。惟二氧化硫漸被氧化而逸失後，漂白作用就消失。因此藉亞硫酸製造的白糖，久存易於變黃。上述三點主要作用亦即硫化操作之主要目的，也是製造白糖必經之操作。爲了達到中和目的，任何酸類均可應用，但爲達到淸淨之目的，原則上必須該酸所生的鹽類溶解度很低，即很容易生成沈澱而去除雜質。基於此似可考慮應用碳酸或草酸，但碳酸鹽或草酸鹽的溶解度隨 PH 降低而升高，不宜兼用於中和與淸淨，而鹽酸與硫酸雖稍具脫色作用，但鹽酸所形成之氯化物之溶解度很高達不到淸淨之目的；硫酸所形成之硫酸鹽易與矽酸形成堅硬的罐垢不易去除。而磷酸對蔗汁兼具中和、淸淨、脫色等效果[1][2]，故設法用磷酸來替代亞硫酸製造無硫特砂。

磷酸的脫色作用並非漂白，而是藉石灰及磷酸簇結之沈澱將非糖份夾帶移除，其中包括多量之膠質及着色物質，且能與鐵形成磷酸鐵之沈澱，防止鐵之變色作用。由於磷酸鈣這種凝集之特性加上它的溶解度很低，所以經過磷酸處理之蔗汁較淸，雜質移除較多，石灰含量較少，故磷酸法製得之糖灰份較低；但由於磷酸無漂白作用，其脫色效果全賴着色物質之去除，故經磷酸處理之糖汁雖顏色較深，但其着色物質含量可能反而較少；反之現行碳酸法中之亞硫酸雖可使仍留存於糖汁之着色物質，因還原作用使其漂白而得顏色仍淡之糖汁。而着色物質之移除率，則可能不及磷酸法。因此磷酸法製得之糖，雖顏色較深，但經儲存後，顏色反較淺。本方法由於磷酸鈣具良好之淸淨效果，能使硫酸鈣及碳酸鈣生成前，先形成磷酸鈣之沈澱而去除，故可防止蒸發罐垢之產生[2]，此乃磷酸法之另一好處。

本研究自57年開始從實驗室多方探索至中間工場製造試驗共兩年，主要目的在求製造高品質無硫特砂之最經濟有利之方法，以抑減製造成本爲原則，利用本公司耕地白糖製造工場之現有設備，製造低灰份之無硫特砂。兩階段工作均已完成，所求得之方法，雖成本稍高，但與兼煉法製得之無硫特砂相較，便宜甚多。茲將試驗結果分列於後：

二、實 驗 方 法

㈠、實驗室之試驗：

Ⅰ、探討磷酸對第一、第二碳酸飽和汁之脫鹽、脫色效果，其方法如下：

1. 第一碳酸飽和汁：

過濾後之第一碳酸汁→
- (1) 加 H_3PO_4
- (2) 加 CaO 0.2% Solid及 H_3PO_4
- (3) 加 CaO 0.3% Solid及 H_3PO_4
- (4) 加 CaO 0.4% Solid及 H_3PO_4
- (5) 加 CaO 0.5% Solid及 H_3PO_4

→ PH 7.0 →過濾→稀酸汁

2. 第二碳酸飽和汁：

未過濾之第二碳酸汁→ { (1) 加 H_3PO_4 / (2) 加 CaO 0.2% Solid及H_3PO_4 / (3) 加 CaO 0.3% Solid及H_3PO_4 / (4) 加 CaO 0.4% Solid及H_3PO_4 / (5) 加 CaO 0.5% Solid及H_3PO_4 } $\xrightarrow{\text{PH 7.0}}$過濾→稀酸汁

Ⅱ、磷酸處理後之精糖漿及砂糖灰份之比較：

1. 第一碳酸飽和汁：

(1) 過濾後第一碳酸汁→加 CaO 0.3% Solid 及 $H_3PO_4 \xrightarrow{\text{PH 7.0}}$過濾（70°c）→稀酸汁→濃縮→加 $H_3PO_4 \xrightarrow{\text{PH 6.4}}$過濾（70°c）→精糖漿。

(2) 過濾後第一碳酸汁→加 CaO 0.5% Solid 及 $H_3PO_4 \xrightarrow{\text{PH 6.4}}$過濾(70°c)→稀酸汁→濃縮→過濾（70°c）→精糖漿。

(3) 過濾後第一碳酸汁→加 CaO 1.0% Solid 及 $CO_2 \xrightarrow{\text{PH 8.4}}$第二碳酸飽和汁→$H_3PO_4 \xrightarrow{\text{PH 7.0}}$過濾（70°c）→稀酸汁→濃縮→粗糖漿→加 H_3PO_4 $\xrightarrow{\text{PH 6.4}}$過濾（70°c）→精糖漿。

2. 第二碳酸飽和汁：

(1) 未過濾第二碳酸汁→加 $H_3PO_4 \xrightarrow{\text{PH 6.4}}$過濾（70°c）→稀酸汁→濃縮→過濾（70°C）→精糖漿。

(2) 未過濾第二碳酸汁→加 CaO 0.2% Solid 及 $H_3PO_4 \xrightarrow{\text{PH 7.0}}$過濾（70°c）→稀酸汁→濃縮→加 $H_3PO_4 \xrightarrow{\text{PH 6.4}}$過濾（70°c）→精糖漿。

(3) 未過濾第二碳酸汁→加 CaO 0.5% Solid 及 $H_3PO_4 \xrightarrow{\text{PH 7.0}}$過濾（70°c）→稀酸汁→濃縮→加 CaO 0.5% Solid 及 $H_3PO_4 \xrightarrow{\text{PH 6.4}}$過濾（70°c）→精糖漿。

Ⅲ、糖漿高溫處理法：

(1) 過濾後第一碳酸汁→加 CaO 1% Solid 及 CO_2→第二碳酸飽和汁→加 H_3PO_4→過濾（70°c）→稀酸汁→濃縮→過濾（90～95°c）→精糖漿。

(2) 過濾後第二碳酸汁→加H_3PO_4→過濾（70°c）→稀酸汁→濃縮→過濾（90～95°c）→精糖漿。

Ⅲ、應用 L_{16} 表實驗計劃法解決實際工場操作時之過濾困難問題：

因57／58年期在永康廠利用本所自建之中間工場作磷酸清淨高溫處理法實驗，發生過濾不佳等問題，故以 L_{16} 直交表設法求最佳過濾條件，其方法係以農場甘蔗爲原料，用磷酸法製成兩種 PH之粗糖漿，其流程如下：

甘蔗→壓搾→蔗汁→加熱至 55°c →第一碳酸飽和（PH 10.2～10.8）→過濾→第二碳酸飽和（PH 8.2～8.6）$\xrightarrow{\text{加熱70～75°c}}$過濾 ——→

濾汁 ½→ 加磷酸至 PH 6.4→過濾→濃縮→粗糖漿（PH 5.9，Bx 60°）

濾汁 ½→ 加磷酸至 PH 7.0→過濾→濃縮→粗糖漿（PH 6.6，Bx 60°）

再將上法製得之糖漿，依影響過濾之八個要因依L_{16}表之配置進行四種過濾效果之探討。其因素及階次如下：

A．凝集劑種類：A_1=Ap30，A_2=Zuckar106，A_3=Ap273，A_4=Superfloc835

B．凝集劑量(ppm)：B_1=0　B_2=3　B_3=6　B_4=9

C．濾材：C_1=Cotton，C_2=Nylon 9A，C_3=PanelonF13，C_4=Porcelen Tude

D．助濾劑種類：D_1=Hyflo Supercel，　D_2=Fw60

E．助濾劑量：E_1=0.15%，E_2=0.3%

F．PH：F_1=5.9，F_2=6.6

G．溫度：G_1=75°c，G_2=85°c

V、依據實驗IV之最佳條件於實驗室使用第二碳酸飽和汁過濾液，探討磷酸清淨法對成品糖品質之影響，其流程如下：

第二碳酸飽和汁過濾液→加 H_3PO_4 $\xrightarrow{PH\ 7.0}$ →過濾→濃縮→粗糖漿→加熱至 85°c →加 3 ppm 之 Separan Ap 30 及 0.15%之 Hyflo Supercel →過濾→精糖漿→煎煮成細砂，測定灰份及色值。

㈡ **中間工場試驗：**

為求實驗室尋得之最佳條件應用於工場生產製造之可靠性，在永康糖廠作中間工場試驗，分四種方式進行。

(1) 第一種方式：

取工場第二碳酸飽和汁加磷酸至 PH 6.8～7.0 過濾，濾汁蒸發至 60～65°Bx粗糖漿，加熱至 85°c，加 3ppm 之 Ap30，加 0.15% 之 Hyflo Supercel，用棉布以小型壓濾機過濾，濾後糖漿用小型結晶罐直接起晶製成細砂，分析結果如附錄表 1, No. 1～10。

(2) 第二種方式：

取工場第一碳酸飽和汁加磷酸至 PH 6.8～7.0 過濾，以下操作同 (1)，分析結果如附錄表 1, No. 11～20。

(3) 第三種方式：

取工場第二碳酸飽和汁加磷酸至 PH 6.8～7.0後。不過濾直接濃縮至 60°～65°Bx 後再過濾，以下操作同(1)，分析結果如附錄表 1, No. 21～30。

(4) 第四種方式：

用工場糖漿，即普通用 SO_2 之碳酸法之糖漿，在相同條件下在中間工場製成細砂，分析結果如附錄表 1, No. 31～37。

㈢ **成品糖變色試驗：**

為觀察磷酸法成品糖與現行碳酸法之成品糖在貯藏期間顏色之變化，以磷酸法成品糖及工場成品糖共52個樣品作變色試驗，貯藏前測定色值，貯藏（以 75°c 恆溫烘 96小時）後再測色值，測定結果如附錄表 2, 其中 No. 1～37為中間工場四種方式製得之糖，No. 41～52 為各廠成品糖。

三、實驗結果及討論

㈠ 為了先瞭解磷酸法對第一碳酸汁及第二碳酸汁之清淨效果，將磷酸清液汁過濾後，測定其鈣含量及色值，依據實驗Ⅰ之步驟，其分析結果如表一：

表一、第一、二碳酸汁以磷酸處理後之稀酸汁品質

No.	處理原料及方式	Bx	碳用量 CaO% Solid	磷酸用量 34% ml/L.J.	處理後之濾液 Ca CO_3 ppm	PH	Color Value 420 mμ
1	(1) 第一碳酸汁	13.7	0	1	900	6.20	3.74
	(2) 〃	13.6	0.2	1.6	800	6.00	3.82
	(3) 〃	13.5	0.3	1.4	740	6.40	3.94
	(4) 〃	13.4	0.4	1.7	800	6.25	3.83
	(5) 〃	13.8	0.5	1.9	760	6.30	3.54
	普通碳酸法之稀酸汁	13.0	—	—	1140	6.50	4.06
2	(1) 第一碳酸汁	15.2	0	1.7	1320	6.40	4.47
	(2) 〃	15.3	0.2	1.9	1380	6.50	5.21
	(3) 〃	15.2	0.3	1.1	1360	6.85	4.41
	(4) 〃	15.2	0.4	2.0	1660	6.40	6.05
	(5) 〃	15.2	0.5	2.5	1540	6.20	5.94
	普通碳酸法之稀酸汁	13.9	—	—	1580	6.65	3.03
3	(1) 第二碳酸汁	14.0	0	0.3	1020	7.05	3.36
	(2) 〃	14.0	0.2	0.6	1240	7.60	3.36
	(3) 〃	14.0	0.3	0.8	1000	7.40	3.52
	(4) 〃	14.0	0.4	1.3	960	7.60	3.72
	(5) 〃	14.0	0.5	1.3	920	7.40	3.57
	普通碳酸法之稀酸汁	14.0	—	—	1240	7.00	3.84
4	(1) 第二碳酸汁	12.7	0	0.2	1620	6.30	3.24
	(2) 〃	12.7	0.2	0.6	1600	6.50	3.01
	(3) 〃	12.7	0.3	0.8	1560	6.50	3.01
	(4) 〃	12.7	0.4	1.0	1500	6.65	2.90
	(5) 〃	12.7	0.5	1.1	1640	7.00	3.06
	普通碳酸法之稀酸汁	12.1	—	—	1560	7.35	4.06

上述實驗結果經磷酸處理代替硫化操作，其處理後之稀酸汁之色值，並不較工場稀酸汁為差，其Ca CO_3 含量亦大致均較工場稀酸為少，茲擬觀察磷酸清淨法所得之精糖漿及成品糖品質，按實驗Ⅱ之實驗結果如表二。

表二、磷酸清淨法粗糖漿加熱 70°c 過濾後所得精糖漿之結果

No.	處理原料及方式	石灰用量 CaO% Solid	34% 磷酸用量 ml/L.J.	精糖漿 Bx	PH	$CaCO_3$	Color Value	糖 灰份	
1	(1)過濾後第一碳酸汁	0.3	1.5	72.0	6.10	—	4.34	0.040	
	(2)　〃	0.5	3.1	61.6	5.50	2400	3.36	0.097	
	(3)　〃	1.0	0.3	71.6	6.10	2000	3.88	0.025	加灰後通CO_2再加磷酸
	(3)　〃	1.0	0.5	67.0	5.90	2000	3.42	0.034	
	(3)　〃	1.0	0.5	61.5	6.00	2300	3.58	0.106	
2	(1)未過濾第二碳酸汁	0	0.4	72.0	5.80	2880	3.28	0.094	
	(2)　〃	0.2	0.6	62.1	6.40	2320	3.46	0.080	
	(2)　〃	0.2	0.8	65.0	6.05	4440	5.25	0.154	
	(3)　〃	0.5	2.8	57.2	6.20	1640	2.97	0.060	

實驗Ⅱ所得之成品糖其灰份含量最低者 0.025%，但高者則超過 0.1%，極不穩定。經再按照實驗Ⅲ之處理方式，濃縮後糖漿之過濾溫度提高爲 95°～90°c[3]其實驗結果如表三。

表三、磷酸清淨法高溫處理實驗結果

處理原料及方法	石灰用量 CaO% Solid	34%磷酸用量 ml/L.J.	精糖漿 Bx	PH	CaCo3 ppm	Color Value	糖 灰份	工場精糖漿 Bx	PH	$CaCO_3$ ppm	Color Value	備註
(1)過濾後第一碳酸汁	1.0	0.4	74.4	5.50	1480	3.58	0.018	68.9	6.10	3000	4.54	加灰後通CO_2再加磷酸
(1)　〃	1.0	0.4	74.2	5.40	1720	3.82	0.013	—	—	—	—	
(2)過濾後第二碳酸汁	0	0.4	72.0	6.40	1800	3.78	0.013	62.6	4.70	3160	4.02	
(2)　〃	0	0.4	65.6	6.25	1920	3.97	0.022	57.4	4.70	2120	3.29	

由上表可知高溫處理法之砂糖灰份均可在 0.022%以下。

依據磷酸清淨高溫處理法之實驗結果，57／58年期在永康糖廠實施中型實驗，惟因時常發生糖漿過濾不佳，導致糖漿混濁高，往往產生高灰份之成品糖。其結果如表四：

表四、57／58年期於永康廠中型試驗結果

處理原料	34% 磷酸 ml/m.J.	精糖漿 PH	Bx	CaCo3 ppm	糖 色值	灰份
過濾後第二碳酸汁	0.14	6.2	72.90	4959	48.7	0.2944
	0.14	6.1	69.78	2700	48.7	0.0135
	0.11	6.6	72.21	3557	34.09	0.0090
	0.15	—	72.40	2198	37.34	0.0379
	0.13	—	57.78	4977	37.34	0.0936
	0.18	6.7	74.16	4394	29.22	0.0183
	0.17	6.6	67.56	3368	35.72	0.0535
	0.16	5.8	65.79	2198	—	0.0132
	0.24	5.2	64.08	2344	19.48	0.0298
未過濾第二碳酸汁	0.28	7.1	65.88	2175	25.97	0.1261
	0.29	6.0	56.97	2301	60.06	0.2184

爲解決過濾不佳問題，並保持特砂品質之穩定性，依實驗Ⅳ之方法，使用實驗計劃法尋求過濾之最佳條件，其配置及結果如表五：

表五、磷酸法實驗計劃法

因素 / No.	A 1. 2. 3.	B 4. 8. 12.	C 5. 10. 15.	D 7	E 9	F 6	e 13	DXE 14	e 11	過濾速度 g/cm²/10min G₁		G₂		混濁度 G₁	混濁度 G₂	色值 560mμ G₁	色值 560mμ G₂	CaCO₃含量 ppm G₁	CaCO₃含量 ppm G₂
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	7.6	6.0	7.5	7.5	2.4	1.2	0.72	0.83	4290	3400
2	1	2	2	1	2	1	2	2	2	10.0	9.5	9.5	10.5	8.5	9.0	0.71	0.81	4020	3580
3	1	3	3	2	1	2	2	2	1	13.5	12.0	12.0	11.5	22.2	31.2	0.54	0.87	4730	4560
4	1	4	4	2	2	2	1	1	2	13.0	12.9	14.4	14.5	0.6	1.3	0.83	0.81	4300	4210
5	2	1	2	2	1	2	1	2	2	5.5	6.0	5.5	5.0	16.7	17.2	0.71	0.72	4470	4280
6	2	2	1	2	2	2	2	1	1	11.0	9.5	11.0	10.5	3.8	1.9	0.71	0.79	4230	4010
7	2	3	4	1	1	1	2	1	2	12.4	12.2	12.7	12.6	1.9	2.5	0.74	0.78	4300	4050
8	2	4	3	1	2	1	1	2	1	10.5	10.0	12.5	13.0	9.3	15.0	0.67	0.72	4190	4470
9	3	1	3	2	2	1	2	1	2	7.5	6.5	8.5	8.5	31.2	30.2	0.65	0.73	4020	4450
10	3	2	4	2	1	1	1	2	1	11.2	11.1	11.6	11.9	0.7	1.3	0.63	0.86	4230	4350
11	3	3	1	1	2	2	1	2	2	8.0	7.5	10.0	9.0	2.6	1.9	0.78	0.78	4600	4370
12	3	4	2	1	1	2	2	1	1	7.5	7.0	10.0	9.0	15.8	13.0	0.87	0.80	4300	4070
13	4	1	4	1	2	2	2	2	1	8.5	8.6	9.6	9.8	3.6	3.6	0.79	0.60	4390	4110
14	4	2	3	1	1	2	1	1	2	11.5	10.5	13.5	12.0	21.2	18.0	0.69	0.70	5230	4700
15	4	3	2	2	2	1	1	1	1	7.5	7.5	7.0	6.5	4.4	6.1	0.74	0.81	4010	3900
16	4	4	1	2	1	1	2	2	2	9.0	8.5	8.0	9.0	0.7	0.6	0.74	0.83	3850	3890

依試驗結果作變異數分析得：

(1) 就過濾速度而言，最佳條件爲 A_1，B_2，C_4，F_2，G_2，D_1。

(2) 就濾汁混濁度而言，最佳條件爲 C_1。

(3) 就濾汁色值而言，最佳條件爲 C_3，G_1。

(4) 就濾汁 $CaCO_3$ 含量而言，最佳條件爲 F_1，G_2，D_2，C_2。

綜合以上結果得磷酸法糖漿過濾之最佳條件爲 PH 6.6，加熱至 85°c，加 3ppm 之 Separan Ap30 及 0.15% 之 Hyflo Supercel 以棉布過濾。

由上列尋得之最佳條件再在實驗室作五次追蹤試驗，並將濾得糖漿製成細砂，所得糖之灰份及色值如表六：

表六、磷酸法實驗室製得之糖之品質

項目 / No.	1	2	3	4	5	平　均
灰　份	0.043	0.031	0.039	0.015	0.012	0.023
色　值	65.59	72.94	70.34	72.53	69.69	70.22

(二) 在實驗室獲得之最佳條件，58／59年期在永康糖廠作中間工場試驗，四種方式試驗結果如表七：

表七、中間工場試驗結果比較表

項目 方式	碳酸汁			磷酸汁			糖漿				糖	
	PH	CaO. mg/l	Color 560 mμ	PH	CaO mg/l.	Color 560 mμ	Bx	PH	CaO mg/l.	Color 560 mμ	Color	Ash
一	8.51	975.6	0.540	6.54	816.7	0.431	62.61	6.62	3006	0.328	70.47	0.0336
二	10.78	1194.4	0.352	6.56	719.9	0.424	63.03	5.58	2587	0.206	53.59	0.0383
三	8.56	941.4	0.499	6.86	869.7	0.746	64.98	6.63	2641	0.302	61.35	0.0346
四	—	—	—	—	—	—	—	—	2501	0.210	55.00	0.0697

註：上表係每種方式十次試驗資料之平均值，詳細資料見附錄表 1.

由表七可知：

(1) 磷酸法漿品質與普通碳酸法略似。

(2) 就灰份而言，磷酸法遠較現行碳酸法低。就色值而言，磷酸法較現行碳酸法稍高。

(3) 磷酸法中，雖以第二方式製得之糖之色值最佳，但所需磷酸量約為第一或第三方式之四倍，而第三方式不論糖之品質抑製造成本均較第一方式為佳。

以磷酸法成品糖及工廠成品共52個樣品，作變色試驗，結果如表八：

表八、成品糖變色試驗色澤分析結果

項目 方式	貯藏前	貯藏後	色值增加	色值增加 %	備註
一	70.47	112.69	42.22	59.91	磷酸法、中間工場製
二	53.59	81.95	28.36	52.92	磷酸法、中間工場製
三	61.35	89.87	28.52	46.49	磷酸法、中間工場製
四	55.00	95.03	40.03	72.78	普通碳酸法 (SO_2)，中間工場製

註：上表係每種方式十次試驗之平均值，詳細資料見附錄表 2.

由表八得知磷酸法變色較少。

四、結　　論

1. 磷酸法在製造上應無問題，惟宜採用第三方式為佳，即以磷酸處理第二碳酸飽和汁後，直接濃縮至 60°～65° Bx，再加熱至 85°c，加 Flocculent，Filter aid 後過濾。其餘操作與現行複式碳酸法同。

2. 用磷酸法代替現行碳酸法中之硫化操作可望製成規格內之無硫特砂，灰份可望較現行碳酸法為低。以均在中間工場製得之糖言，色值雖較普通碳酸法稍高，然經變色試驗後，反較普通碳

酸法之特砂爲淺，惟因影響色值之因素複雜，在中間工場中不易獲致確實結果，玆擬於59／60年在實際工場中試製。以判斷該法所製之糖色究竟如何，同時並考驗是否尚有其他問題在大規模製造時出現。

3.本方法需添加之主要材料爲：

(1) H_3PO_4（85%）： 0.02%蔗汁（重量百分比）

(2) 助濾劑： 0.15%糖漿（重量百分比）

(3) Separan Ap30： 3ppm（對糖漿百分比）

(4) 燃料： 5.9噸蔗渣／千噸甘蔗

扣除原來需用之硫磺後，估計每噸糖需增加費用 N.T.$72.00，但與兼煉特砂法（大林）比較，每噸糖可節省 N.T.$150.00。

誌謝：本研究進行中間工場試驗時，承公司工程設計室洪東坡先生，本所前研究員柯禮忠先生，研究員呂世安先生，永康廠工場主任何平慰先生，檢驗課長李麒財先生等之多方協助，成品糖委託化驗服務中心鄭文淸先生等協助分析，謹誌謝忱。

五、參 考 文 獻

(1) E. Hugot (1960). Handbook of Cane Sugar Engineering.

(2) P. Honig (1965). Principles of Sugar Technology.

(3) 濱古榮次郎 (1965). Sugar Handbook.

六、附 錄

附錄表：1　　　　磷　酸　試　驗　結　果

No.	碳酸汁 Bx	碳酸汁 Pur	碳酸汁 PH	碳酸汁 CaO mg/l	碳酸汁 Color 560mμ	磷酸汁 Bx	磷酸汁 Pur	磷酸汁 PH	磷酸汁 CaO mg/l	磷酸汁 Color 560mμ	糖漿（磷酸法） Bx	糖漿（磷酸法） Pur	糖漿（磷酸法） PH	糖漿（磷酸法） CaO mg/l	糖漿（磷酸法） Color 560mμ	糖膏 Bx	糖膏 Pol	糖膏 Pur	糖 Color	糖 Ash	糖 R.S %	糖 Moisture %	糖 Pol	So_2
1	13.51	85.01	8.5	976	0.681	13.70	84.91	6.8	861	0.345	65.09	89.51	6.9	3410	0.330	87.84	73.50	83.67	100.61	0.0366	0.339	0.138	99.67	無
2	13.37	86.69	8.1	928	0.496	13.62	88.25	7.1	865	0.640	60.30	88.61	7.2	3454	0.398	91.26	79.26	86.85	62.06	0.0420	0.208	0.21	99.77	無
3	12.82	91.65	8.2	965	0.593	13.04	91.56	6.2	747	0.473	66.30	88.24	6.7	2816	0.268	91.26	80.22	87.90	52.84	0.0094	0.350	0.17	99.22	無
4	13.50	88.30	8.7	908	0.491	13.22	89.18	6.7	644	0.395	62.40	88.62	7.0	1690	0.369	92.82	80.34	86.55	95.69	0.0461	0.047	0.097	99.82	無
5	13.86	89.18	8.8	1000	0.341	13.86	87.45	6.6	736	0.239	61.23	85.58	7.1	2149	0.390	90.24	78.42	86.90	50.26	0.0400	0.084	0.064	99.52	無
6	13.64	84.46	8.2	1034	0.597	13.27	87.49	6.5	888	0.465	62.28	86.66	6.5	3494	0.184	90.42	77.22	85.40	43.32	0.0113	0.066	0.099	99.37	無
7	13.54	83.46	8.8	988	0.350	13.18	87.02	6.5	805	0.396	63.78	88.05	6.2	3448	0.222	89.04	78.66	88.34	47.35	0.0542	0.066	0.17	99.52	無
8	12.96	87.27	8.2	1011	0.711	12.44	92.12	6.2	874	0.574	60.63	87.38	6.2	3540	0.440	90.36	79.98	88.51	76.93	0.0366	0.108	0.16	99.49	無
9	13.92	84.99	8.9	1023	0.510	13.34	90.55	6.5	908	0.352	61.38	87.78	6.3	3586	0.328	90.66	80.94	89.28	74.34	0.0352	0.062	0.11	99.22	無
10	13.78	85.85	8.8	1023	0.632	13.30	90.08	6.3	839	0.428	62.88	88.31	6.1	2471	0.347	90.42	76.41	84.50	101.32	0.0250	0.048	0.045	99.77	無
11	13.63	85.18	10.4	1092	0.313	11.65	86.30	6.3	609	0.656	63.06	87.87	5.9	—	0.303	90.42	78.90	87.26	53.84	0.0522	0.101	0.15	99.55	無
12	13.97	89.41	10.2	1053	0.203	13.67	91.29	6.4	627	0.277	63.36	89.35	5.7	1149	0.145	91.86	83.16	90.53	58.99	0.0379	0.028	0.199	99.70	無
13	14.81	91.29	10.2	1115	0.222	14.59	91.71	6.7	711	0.226	64.83	91.30	5.7	1494	0.175	89.46	82.56	92.29	42.34	0.0325	0.017	0.089	99.80	無
14	14.87	87.02	10.7	1450	0.697	15.04	89.69	6.5	948	0.813	64.38	91.38	5.6	2701	0.257	89.22	81.54	91.39	69.94	0.0366	0.016	0.070	99.34	無
15	14.57	88.19	10.0	1141	0.583	14.34	89.47	5.8	662	0.659	63.18	88.41	6.2	2413	0.181	90.24	80.04	88.70	43.31	0.0366	0.036	0.15	99.75	無
16	14.94	88.49	10.0	1306	0.315	14.74	90.02	5.6	948	0.192	64.20	90.98	5.4	2827	0.189	90.66	82.86	91.40	44.43	0.0257	0.107	0.089	99.90	無
17	13.40	86.89	10.2	1123	0.283	13.17	91.95	6.6	631	0.360	63.36	89.68	5.2	2643	0.205	89.82	80.94	90.11	49.53	0.0400	0.017	0.038	99.75	無
18	15.39	92.72	10.2	948	0.369	15.26	92.92	5.7	600	0.370	62.28	93.64	6.0	3275	0.154	89.64	82.14	91.63	66.26	0.0610	0.040	0.18	99.75	無
19	13.74	83.50	10.8	1405	0.275	13.94	87.23	6.6	729	0.271	56.85	90.45	5.0	4137	0.277	89.46	79.44	88.80	65.13	0.0352	0.018	0.039	99.65	無
20	14.65	87.52	10.1	1311	0.257	14.89	87.11	6.4	734	0.411	64.80	91.16	5.1	2643	0.175	90.42	81.00	89.59	42.13	0.0250	0.040	0.17	99.79	無
21	13.70	85.26	8.3	977	0.761	13.67	84.93	6.4	862	0.416	65.46	89.46	6.3	3678	0.329	91.26	81.78	89.61	127.99	0.0217	0.072	0.37	99.26	無
22	13.90	87.12	8.7	892	0.408	13.84	88.80	7.0	785	0.205	64.20	90.39	6.2	2172	0.292	—	—	—	57.42	0.0271	0.015	0.60	99.74	無
23	12.50	87.68	8.6	1050	0.533	11.90	92.52	7.2	971	1.364	63.78	89.22	6.9	3735	0.334	89.82	79.68	88.71	65.28	0.0207	0.017	0.41	99.86	無
24	14.14	87.91	7.9	831	0.401	14.00	90.07	6.7	818	1.149	69.78	88.95	6.5	3275	0.233	89.22	79.80	89.44	57.40	0.0133	0.019	0.64	99.21	無
25	13.12	89.71	8.3	788	0.579	13.18	88.92	6.7	878	0.576	64.23	89.40	6.5	3218	0.284	90.06	79.86	88.67	51.37	0.0549	0.012	0.16	99.81	無
26	13.88	87.46	8.7	1090	0.511	13.80	87.10	6.8	884	0.686	66.60	87.12	6.3	1724	0.327	89.82	77.82	86.64	58.00	0.0515	0.005	0.44	99.21	無
27	14.44	90.10	8.4	910	0.458	14.69	89.58	7.1	896	0.514	64.98	88.92	6.7	2356	0.256	89.46	79.80	88.55	45.09	0.0454	0.003	0.79	99.24	無
28	15.06	89.50	8.4	867	0.438	15.30	87.71	7.0	812	0.923	71.01	88.55	6.7	2586	0.436	90.06	78.90	87.61	72.46	0.0427	0.043	0.80	99.08	無
29	14.68	89.60	8.1	1037	0.450	14.49	88.75	6.9	906	0.717	59.62	87.45	7.1	1816	0.247	88.02	78.60	89.30	41.15	0.0318	0.008	0.059	99.26	無
30	14.64	87.23	8.1	972	0.451	14.56	87.23	6.8	885	0.907	60.18	88.40	7.2	1850	0.283	88.02	77.82	88.41	37.33	0.0332	0.004	0.092	99.74	無
31																89.64	81.96	91.43	34.55	0.0418	0.018	0.695	99.29	11.92
32																88.02	79.98	90.87	70.72	0.0567	0.075	0.46	99.34	20.55
33																92.64	82.02	88.54	78.14	0.0914	0.048	0.09	99.60	33.41
34																90.24	78.96	87.50	55.54	0.0691	0.033	0.12	99.45	16.74
35																93.42	81.18	86.90	52.19	0.0698	0.033	0.068	99.52	60.95
36																88.41	78.84	89.15	58.28	0.0825	0.045	1.24	98.95	19.92
37																91.62	79.68	86.97	35.55	0.0766	0.018	0.49	99.29	35.14

附錄表：2

磷酸法成品糖及工廠成品糖變色試驗

No.	貯藏前	貯藏後	色值增加	No.	貯藏前	貯藏後	色值增加	No.	貯藏前	貯藏後	色值增加	糖樣來源
1	100.61	112.31	11.70	20	42.13	80.53	38.40	41	70.22	98.99	28.77	永康廠
2	62.06	85.24	23.18	21	127.99	168.23	40.24	42	51.35	90.28	38.93	旗山廠
3	52.84	60.81	7.97	22	57.42	85.24	27.82	43	45.46	69.57	24.11	大林廠
4	95.69	117.04	21.35	23	65.28	88.80	23.52	44	39.22	57.31	18.09	斗六廠
5	50.26	72.53	22.27	24	57.40	57.41	0.01	45	33.12	48.39	15.27	嘉義廠
6	43.32	67.06	23.74	25	51.37	82.86	31.49	46	24.68	30.04	5.36	屏東廠(細砂)
7	47.35	117.10	69.75	26	58.00	77.37	19.37	47	28.18	79.53	51.35	〃
8	76.93	143.49	66.56	27	45.09	57.04	11.95	48	19.15	46.01	26.86	〃
9	74.34	140.16	65.82	28	72.46	100.98	28.52	49	41.89	84.44	42.55	麻豆廠
10	101.32	211.19	110.13	29	41.15	85.43	44.19	50	34.09	71.83	37.74	花蓮廠
11	53.84	95.14	41.30	30	37.33	68.94	31.61	51	42.86	64.59	21.73	烏樹林廠
12	58.99	72.69	13.70	31	34.55	48.41	13.86	52	40.91	92.64	51.73	屏東廠
13	42.34	62.10	19.76	32	70.72	271.80	201.08					
14	69.94	84.31	14.37	33	78.14	78.14	0.00					
15	43.31	70.66	33.35	34	55.54	94.24	38.70					
16	44.43	63.56	19.13	35	52.19	81.81	29.62					
17	49.53	106.30	56.77	36	58.28	124.64	66.18					
18	66.26	12.21	12.21	37	35.55	61.83	26.27					
19	65.13	34.65	34.65									

應用電導度法測定低灰白糖灰份含量之研究[1]

鄭　應　春[2]

摘　　要

以純鹽類及以高灰特砂與去灰糖漿配製成低灰糖液，測定其比電導度，以推算灰份計算公式，並檢試電導度測定之糖液濃度、溫度校正、用水比電導度之校正等，發展低灰白糖灰份測定法一種，應用爲低灰白糖灰份含量之測定。

一、引　　言

台灣低灰白糖之品質規格，類屬於精糖（Refined sugar），其灰份含量，有低達 0.005 %以下者，如此低灰糖品之灰份含量，極難以煅燒之重量法作精密之測定，就電導度灰份測定法言，作者過去所推算之台灣特砂灰份計算公式[4]，則由於超出其測定範圍（ 0.03～0.15% ），無法加以引用，而須另行推算。

糖類灰份電導度測定法，係將一系列同一種類之糖樣品，以重量法精密測定其灰份含量，及以一定濃度之糖溶液，測定其比電導度，然後由灰份與比電導度兩者間之相關量，演算相關公式。在應用時，由樣品糖溶液之比電導度，透過相關公式，作灰份之計算，此一方法，F.W.Zerban 氏早在 1926 年即已採用爲粗糖灰份含量之測定[1]。在台灣，陳維、王培基二氏及作者等，亦曾先後應用爲糖品灰份含量之測定[2][4]-[6]。低灰白糖之灰份含量特低，無法以重量法作精密之測定，故灰份與糖液比電導度間之相關量，自亦無從獲得，T.R.Gillett氏[3]曾使用高灰份含量糖（以重量法先行測定其灰份含量），溶解爲一定濃度之糖液，再以不同數量添加於已知比電導度之糖液中，作比電導度之測定，然後由添加之灰份重量與增加之比電導度之相關量，演算灰份計算公式，用爲白糖（指精糖）灰份含量之測定，此一方法中之灰份與比電導度之相關量，係由增添於較大之已有基數上獲得，致減除後遺留下較大之誤差，且具有地區性之特徵，其適用性頗成問題。本研究特以兩種方法配製低灰份含量之糖液，其一係使用某些特定鹽類，添加於接近無灰狀態之糖液中，配製一定灰份含量之低灰糖液，作比電導度之測定；另一係以灰份含量較高之台灣特砂，以去灰糖液稀釋其灰份含量，使達低灰白糖之灰份含量範圍，作比電導度之測定，

---

(1) 台灣糖業試驗所審定發表論文第R6—62號。
(2) 本所工業化學系十等化學工程師。
(3) 本文於59年12月14日收到。
(4) 本研究曾獲國家科學委員會之補助。

如此，灰份與比電導度間之相關量可以求得，相關公式即可從而推算。此外，本研究並先就電導度測定時之糖液最適濃度、溫度校正、用水比電導度之校正等進行試驗，以期測定結果能更為精確可靠。最後並以低灰白糖樣品，分別由本題發展之方法及 T.R. Gillett 氏法，作灰份含量之比較測定，以檢討其適用情況。

本題試驗之比電導度測定，係使用 RCA Impedance Bridge Type LB-50 之電阻測定部份。測定範圍為 0.5～10 MΩ，刻度為 0.1Ω，可估讀至 0.02Ω。使用之電池為浸入式電池，電池常數在1左右，使用時以標準 KCl 溶液作精密之檢校。測定時之糖液溫度，則由定溫水槽保持於所需溫度之± 0.2°C 間。糖液濃度使用 Abbe′ 折射計檢定之。電導度用水係以普通蒸餾水，經陽陰離子交換樹脂混合床處理者，其比電導度在 1 micromho 以下。

二、實驗及其結果討論

1.無灰糖漿之製備

使用一般糖廠出產之特砂，配製成 65° Brix 濃度之糖漿，通過 Amberlite IRC 120 及 IRA 401 陽陰離子交換樹脂混合床（分別以 HCl 及 NaOH 溶液再生者），作去灰處理。處理前後糖漿之比電導度，如下表所列。

表一、去灰處理前後糖漿之比電導度

	檢液濃度	比電導度
處理前	50° Brix	40.6 micromho
	25	73.9
	5	45.1
處理後	50° Brix	1.02 micromho
	25	1.94
	5	1.76

用水比電導度=0.53 micromho

上述處理所得之糖漿為轉化糖漿，在電導測定中，對所含灰份電導效應之影響，經以添加 KCl 之轉化糖液及蔗糖液作檢定比較，所得結果如表二所列，知兩者間並無不同。且如表一所示，其 25° Brix 稀釋液之比電導度僅為 2 micromho，故可用為本題之各項檢試。

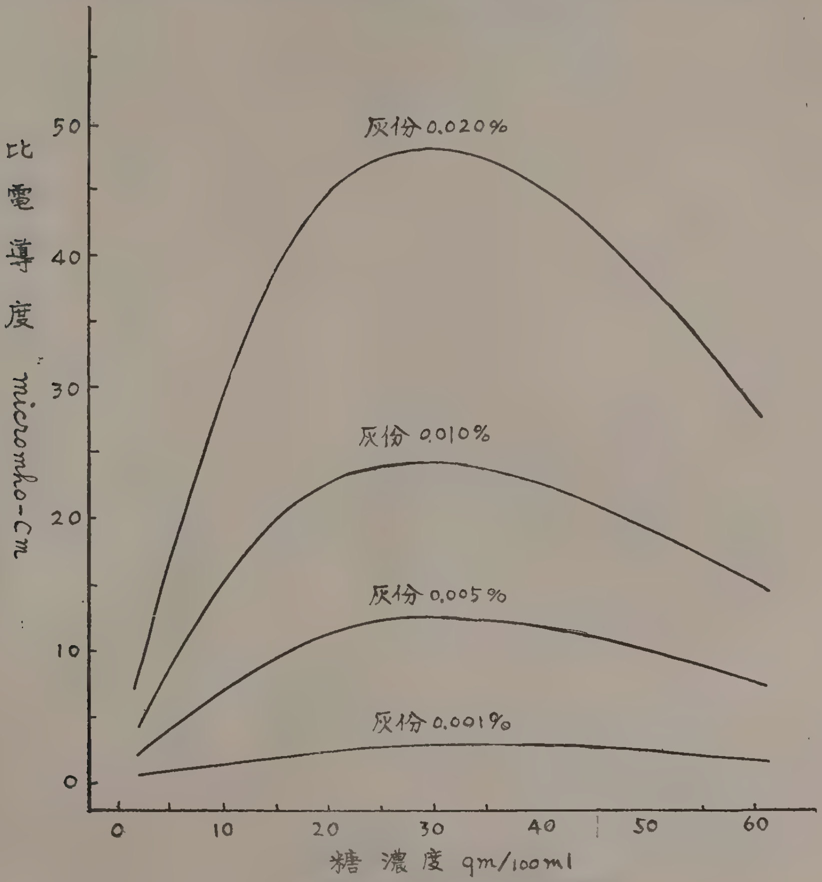
表二、KCl 之轉化糖液及蔗糖液之電導效應

糖液濃度：22.8°Brix 即 25gm/100ml，比電導度：micromho

	比電導度	KCl 之電導效應
轉化糖液	2.14	
+ 2mgKCl/100ml	25.86	23.72
+ 20mgKCl/100ml	252.3	250.2
蔗糖液	7.09	
+ 2mgKCl/100ml	30.79	23.70
+ 20mgKCl/100ml	259.3	252.2

2.電導度測定樣液糖濃度之檢試

使用不同濃度之去灰糖漿（相當於 2～60 gm 糖/100ml）添加 $CaCl_2$ 使灰份含量分別爲 0.001，0.005，0.010，0.020 %糖，以之作比電導度之測定，所得結果如圖一所示。



圖一、低灰份含量之不同濃度糖液之比電導度

從圖一所示之結果知，低灰糖液之糖濃度在 25～30gm/100ml 即 22.8～27.0° Brix 之間時，其比電導度最大，此時電導測定誤差之影響，應屬於最小者，由於低灰糖液之電導度測定，在高糖濃度下較爲穩定，故特採用 30gm/100ml 即 27.0° Brix 糖液爲低灰白糖電導度測定之樣液濃度。

3.低灰糖液電導測定之溫度校正

糖液電導度測定之溫度校正，在一般糖液濃度下（即 5gm/100ml 或 5°Brix），以 20°C爲標準時，其溫度校正值 2.2 %比電導度×（20－t），過去作者所作之糖類灰份電導度測定法之研試，以 25°C 爲標準時，亦沿用此一溫度校正法，作糖液比電導度之溫度校正。低灰白糖之灰份含量在 0.02 %以下，電導度測定糖液之濃度爲 30gm/100ml，與一般情形不同，故有重新加以測定之必要。在 5°～45°C 之不同溫度下，使用 30 gm/100ml（27.0°Brix）濃度之去灰糖液

，添加 $CaCl_2$ 使灰份含量分別為 0.001, 0.005, 0.010, 0.020%糖，及二種不同比電導度用水，作比電導度之測定，所得結果如表三所列。

表三、低灰糖液及電導用水在不同溫度下之比電導度（micromho）
（糖液濃度 30gm/100ml，即 27.0°Brix）

溫度 °C	糖液，不同灰份含量%糖				電導用水	
	0.001	0.005	0.010	0.020	1	2
5	1.56	7.67	15.77	30.57	6.40	4.36
10	1.86	9.00	18.81	36.01	7.24	5.09
15	2.27	10.72	22.31	42.40	8.26	5.87
20	2.76	12.65	25.95	49.31	9.30	6.64
25	3.32	14.99	29.84	56.57	10.39	7.38
30	3.93	17.57	34.08	64.10	11.60	8.10
35	4.60	20.10	38.66	72.51	12.94	8.80
40	5.35	23.62	43.20	81.07	14.20	9.48
45	6.19	26.96	47.00	87.03	15.64	10.17

由表三所列之數據，以 20°C 及以 25°C 為標準，作糖液及用水溫度校正公式之推算，得結果如下：

(1)低灰白糖比電導度之溫度校正公式一：

$$X_{20}=\frac{Xt}{1+0.0320(t-20)+0.000313(t-20)^2}$$

$$X_{25}=\frac{Xt}{1+0.0298(t-25)+0.000251(t-25)^2}$$

(2)電導用水比電導度之溫度校正公式一：

$$X_{20}=\frac{Xt}{1+0.0227(t-20)+0.0000635(t-20)^2}$$

$$X_{25}=\frac{Xt}{1+0.0210(t-25)+0.0000675(t-25)^2}$$

上列各式中，X_{20}，X_{25} 為 20°C 及 25°C 時之比電導度，Xt 為 t°C 時之比電導度，t 為電導度測定時之檢液溫度 °C。若檢液溫度接近於標準溫度，則校正式中之平方項可以省略，而可以（20－t）×3.20%比電導度或（25－t）×2.98%比電導度加以校正，用水比電導度之溫度校正亦同此。

4.用水比電導度之校正

低灰糖液之比電導度極低，所受用水比電導度之影響亦較大。本試驗使用 1～20 miromho 間之不同比電導度用水，使用花蓮、大林、小港等廠出產之低灰白糖及去灰糖漿，配製 30gm /100 ml 即 27.0° Brix 之糖液，以之作比電導度之測定，並計算用水比電導度與糖液比電導度間之關係式，作為用水比電導度校正值之推算。其中由去灰糖漿配製之糖液比電導度，則按稀釋之用水量折計，以與砂糖配製之糖液比電導度相一致，所得結果如表四所列。

表四、不同比電導度用水與低灰糖液之比電導度
(糖液濃度 30 gm/100ml，即 27.0°Brix)

	去灰糖漿 灰份含量約0.001%		花蓮特砂 灰份含量約0.005%		大林特砂 灰份含量約0.01%		小港特砂 灰份含量約0.02%	
	用水	糖液	用水	糖液	用水	糖液	用水	糖液
比電導度測定，微姆歐	—	—	1.75	10.35	1.95	16.94	1.76	43.24
	—	—	3.04	10.95	3.45	17.45	3.17	44.04
	5.63	2.26	5.46	11.61	6.00	18.41	5.35	44.65
	8.00	3.05	8.54	12.55	8.57	19.35	8.60	45.72
	10.48	3.97	11.22	13.86	10.73	20.13	11.28	46.60
	13.22	4.95	12.78	14.28	13.68	21.11	13.08	47.29
	15.58	5.78	15.96	15.22	16.52	22.09	16.62	48.24
	17.96	6.62	17.94	16.25	18.42	22.78	17.74	48.73
	—	—	21.63	17.51	22.13	24.10	21.56	50.00
關係式	Y=0.239+0.355X		Y=9.71+0.358X		Y=16.27+0.354X		Y=42.84+0.332X	

在上表所列之關係式中，X爲用水之比電導度，Y爲糖液之比電導度，經檢定證實兩者間確能作直線配合，故可以其斜率作爲用水比電導度之校正，計算上表各關係式之平均斜率=0.35，即在低灰白糖之比電導度測定中，糖液濃度 30 gm/100ml，用水比電導度在 20micromho 左右時，糖液之比電導度應爲：

糖液比電導度測定值－0.35×用水比電導度

5.低灰糖液之製備及其比電導度之測定

(1)低灰糖液以不同鹽類與去灰糖漿配製者：糖類灰份之主要成份，爲鈣、鎂、鉀、鈉之硫酸鹽、磷酸鹽、碳酸鹽、矽酸鹽及氯化物等[7]，故添加於無灰糖液中作爲灰份之鹽類，自以此等鹽類爲適當。惟部份鹽類之溶解度太小，不易加以處理，而須選用若干作爲配製之用。從表五所列之初步檢試結果知，糖液中所含灰份成份之電導効應，不同陰離子間之差異，較之不同陽離子間之差異爲大，故選用包含各種不同陰離子之鹽類，較能代表低灰白糖中所有灰份成份之電導効應，本試驗特以KCl，K_2SO_4，K_2CO_3及K_3PO_4四種鉀鹽作爲含灰糖液配製之用。

表五、含有不同鹽類之糖液之比電導度
(糖液濃度30gm/100ml，灰份含量0.02%糖)

鹽類	比電導度，微姆歐，25°C
KCl	51.7
K_2SO_4	43.7
K_2CO_3	35.8
K_3PO_4	30.7
$K_2C_2O_4$	41.5
KCH_3CO_2	25.2
KCl	51.7
NaCl	56.8
$MgCl_2$	60.3
$CaCl_2$	57.5

至去灰糖漿本身呈顯之少許比電導度，則於加灰糖液之比電導度中扣減之。

本試驗以 30 gm/100ml 即27.0° Brix 濃度之去灰糖液，分別添加 KCl，K_2SO_4，K_2CO_3，K_3PO_4 使含量準確相當於 0.001，0.005，0.010及0.020%糖，測定其比電導度，扣減不加灰之同濃度去灰糖液之比電導度，是爲低灰糖液之比電導度（X），以與添加之灰份含量（Y）作C—比值之計算（C－比值＝灰份/比電導度），以建立低灰白糖灰份之計算公式。所得結果如表六所示。

表六、不同鹽類含量之低灰糖液比電導度及C—比值

（糖液濃度 30gm/100ml，即 27.0°Brix）

添加之灰份	灰份%糖，Y	比電導度，X，微姆歐 20°C	比電導度，X，微姆歐 25°C	灰份%糖計算值 at 25°C，Y′	差異 Y′－Y
KCl	0.001	2.36	2.76	0.0014	＋ 0.0004
	0.005	11.26	13.16	0.0065	＋ 0.0015
	0.010	22.21	25.95	0.0128	＋ 0.0028
	0.020	44.21	51.66	0.0255	＋ 0.0055
K_2SO_4	0.001	1.95	2.28	0.0011	＋ 0.0001
	0.005	9.21	10.75	0.0053	＋ 0.0003
	0.010	18.50	21.60	0.0107	＋ 0.0007
	0.020	37.40	43.68	0.0216	＋ 0.0016
K_2CO_3	0.001	1.53	1.79	0.0009	－ 0.0001
	0.005	7.67	8.96	0.0044	－ 0.0006
	0.010	15.26	17.82	0.0088	－ 0.0012
	0.020	30.67	35.85	0.0177	－ 0.0023
K_3PO_4	0.001	1.33	1.55	0.0008	－ 0.0002
	0.005	6.50	7.59	0.0037	－ 0.0013
	0.010	13.12	15.32	0.0076	－ 0.0024
	0.020	26.25	30.67	0.0152	－ 0.0048
C－比值＝$\frac{\Sigma Y}{\Sigma X}$＝0.0005773 at 20°C 或＝0.0004942 at 25°C				計	＋ 0.0129 － 0.0129

(2)低灰糖液以台灣特砂與去灰糖漿配製者：使用灰份含量較高之台灣特砂溶解成30 gm/100 ml 即 27.0°Brix 濃度之糖液，添加同濃度之去灰糖漿，作1：1，1：3，1：9及1：19 之稀釋，配製成低灰糖液，分別測定其比電導度，再按稀釋比修正去灰糖液之比電導度後，是爲低灰糖液之比電導度。特砂之灰份先以複硫酸法測定其硫酸灰份，由扣減10%後之數據，計算低灰糖液中之灰份%糖（Y），以與其比電導度（X）計算C—比值，以建立另一低灰白糖灰份之計算公式，所得結果如表七所示。

表七、台灣特砂灰份稀釋糖液之比電導度及C—比値
（糖液濃度 30gm/100ml，即 27.0° Brix）

硫酸灰份	灰份稀	檢液中灰	比電導度，X，微姆歐		灰份%糖計算值	差異
—10%	釋倍數	份%糖，Y	20°C	25°C	at25°C，Y′	Y′—Y
0.0495（南靖）	2	0.0248	36.85	43.04	0.0230	－ 0.0018
	4	0.0124	18.43	21.52	0.0115	－ 0.0009
	10	0.0050	7.49	8.75	0.0047	－ 0.0003
	20	0.0025	3.69	4.31	0.0023	－ 0.0002
0.0426（永康）	2	0.0213	34.69	40.51	0.0216	＋ 0.0003
	4	0.0107	17.39	20.31	0.0108	＋ 0.0001
	10	0.0043	6.96	8.23	0.0044	＋ 0.0001
	20	0.0021	3.37	3.93	0.0021	0
0.0348（屏東）	2	0.0174	28.76	33.59	0.0179	＋ 0.0005
	4	0.0087	14.19	16.57	0.0088	＋ 0.0001
	10	0.0035	5.65	6.60	0.0035	0
	20	0.0017	2.81	3.28	0.0018	＋ 0.0005
0.0276（麻豆）	2	0.0138	24.09	28.13	0.0150	＋ 0.0012
	4	0.0069	11.87	13.86	0.0074	＋ 0.0005
	10	0.0028	4.73	5.53	0.0030	＋ 0.0002
	20	0.0014	2.30	2.69	0.0014	0
C－比值$=\frac{\Sigma Y}{\Sigma X}=0.0006248$ at 20°C或$=0.0005340$ at 25°C					計	＋ 0.0031 － 0.0032

6. 低灰白糖灰份計算公式之建立及誤差分析

依據表六、表七之平均 C—比值，建立低灰白糖灰份電導度測定法之灰份計算公式如次：

由純鹽類糖液所建立者—：

$$Y' = 0.000577\ X_{20} \text{ 或 } 0.000494\ X_{25} \qquad (1)$$

由較高灰份含量之台灣特砂之灰份稀釋糖液所建立者—：

$$Y' = 0.000625\ X_{20} \text{ 或 } 0.000534\ X_{25} \qquad (2)$$

式中 Y′ 爲灰份%糖之計算值，X_{20} 及 X_{25} 分别爲 30gm/100ml 濃度之低灰糖液在20°C及25°C 時之比電導度微姆歐數。

由公式(1)、(2)就表六、表七之含灰糖液比電導度 X，計算灰份%糖 Y′，並計算其與眞值Y間之差異 Y′－Y，併列於表六及表七，再由其結果作誤差分析如表八所列。

表八、誤　差　分　析

	灰份計算公式，建立由	
	純鹽類糖液，公式1	高灰份特砂之灰份稀釋糖液，公式2
差異數絕對值平均	0.0016	0.0004
估計標準誤	0.0023	0.0006
平均相對誤差，%	17.9	4.5
相對誤差最大值	40.0	8.7

7. 低灰白糖灰份電導度測定法適用性之檢討

就15個低灰白糖樣品，分別以本題發展之方法及 T.R.Gillett 氏法作電導度法之灰份含量比較測定，所得結果如表九所列。

表九、低灰白糖灰份含量測定

低灰糖樣品	灰份%，計算由		
	純鹽類糖液建立之公式（公式1）	高灰份特砂之灰份稀釋糖液建立之公式(公式2)	T. R. Gillett's 公式
1. 大林 56/57	0.0084	0.0091	0.0068
2. 小港 〃	0.0217	0.0235	0.0172
3. 花蓮 〃	0.0050	0.0054	0.0039
4. 大林 57/58, No.2	0.0031	0.0033	0.0024
5. 〃 No.3	0.0040	0.0043	0.0031
6. 花蓮 57/58, No.2	0.0020	0.0022	0.0016
7. 〃 No.5	0.0020	0.0022	0.0016
8. 車路墘 特製，57年	0.0037	0.0040	0.0029
9. 〃 58年	0.0075	0.0081	0.0059
10. 花蓮 Cl_2 試驗，1-3-5	0.0129	0.0139	0.0103
11. 〃 2-4-6	0.0133	0.0143	0.0107
12. 特砂品質試驗，No.19	0.0059	0.0064	0.0048
13. 〃 No.20	0.0076	0.0083	0.0059
14. 和光一級試藥，1	0.0085	0.0092	0.0067
15. 〃 2	0.0088	0.0095	0.0070
說明　灰份計算常數	0.000494 at 25°C 0.000577 at 20°C	0.000534 at 25°C 0.000625 at 20°C	0.000472 at 20°C
說明　電導度測定法	檢液濃度 30gm/100ml 用水比電導度35%校正		檢液濃度 25gm/100ml 用水比電導度43%校正

從上表知，低灰白糖灰份含量電導度法測定，以本題發展之方法，計算由「高灰份特砂之灰份稀釋糖液所建立之公式」者爲最高，計算由「純鹽類糖液所建立之公式」者次之，而以 T.R.Gillett 氏法所測得者爲最低，其比率依次爲 100—92.5—73.1，有顯然之差異存在。由於糖樣品之實際

灰份含量未知，對三者所得之結果無從加以核驗比較，僅能就其計算公式建立之特點及誤差分析結果（表八），檢討其偏向所在，作爲選用時之參考。

(1)由純鹽類糖液所建立之灰份計算公式，因添加之鹽類爲化學純品，使用之糖液爲接近於無灰狀態者，故應用時較少地區性之限制，惟糖灰份中之另一重要成份—矽酸鹽未予列入，且係各別測定其單獨存在於糖液中之電導數據，較難代表實際之糖灰份組成。其各項誤差，由於建立計算公式所依據之不同鹽類間之電導効應，具有本質上之差異，而顯得特大，對灰份含量特低之白糖灰份測定，則較不適用。

(2)由較高灰份含量糖之灰份稀釋糖液所建立之灰份計算公式，因使用之高灰份糖爲台灣產之特砂，其灰份之成份組成當與台灣產之低灰白糖相近，其灰份計算值之差異數絕對值平均爲0.0004，估計標準誤0.0006，平均相對誤差4.5%，相對誤差最大值爲8.7%，均屬正常，故較適用於台灣低灰白糖電導灰份之計算。

(3)T.R.Gillett氏白糖電導灰份測定之灰份計算公式，雖亦由高灰份含量糖之灰份稀釋液所建立，惟其灰份及電導度均係增添於較大之基數上獲得，因減除後留下較大之誤差，且須考慮其地區性之限制，應用時須加注意。

三、結　　論

低灰白糖之灰份含量，低者達0.005%以下，極難以煅燒之重量法作精密之測定。在電導度灰份測定法中，亦由於重量法灰份之難於測定，致無法從糖液之比電導度，作相關公式之推算。本研究特使用①去灰糖漿（經陽陰離子交換樹脂處理者），添加鉀之氯化物、硫酸鹽、碳酸鹽及磷酸鹽，在0.001～0.020%糖之含量範圍內，準確配製已知灰份含量之糖液，作比電導度之測定，及②以灰份含量較高之台灣特砂，以去灰糖漿作灰份含量之稀釋，使達低灰白糖之灰份含量範圍，以之作比電導度之測定。然後由灰份與比電導度兩者之相關量，推算相關公式，用爲灰份含量之計算。同時對電導度測定時之糖液最適濃度、溫度校正，及用水比電導度之校正等加以檢試，發展得低灰白糖灰份電導度測定法如下：

1.比電導度之測定

糖液濃度　30gm/100ml

糖液比電導度之溫度校正

$$X_{20}=\frac{Xt}{1+0.0320\ (t-20)\ +0.000313\ (t-20)^2}$$

$$X_{25}=\frac{Xt}{1+0.0293\ (t-25)\ +0.000251\ (t-25)^2}$$

用水比電導度之溫度校正

$$X_{20}=\frac{Xt}{1+0.0227\ (t-20)\ +0.0000635\ (t-20)^2}$$

$$X_{25}=\frac{Xt}{1+0.0210\ (t-25)\ +0.0000675\ (t-25)^2}$$

用水比電導度之校正　糖液比電導度測定值－35%用水比電導度

2.灰份之計算公式

(1)由純鹽類糖液所建立者：

$$Y'=0.000577X_{20} \text{ 或 } =0.000494X_{25} \quad (1)$$

(2)由高灰特砂之灰份稀釋糖液所建立者：

$$Y'=0.000625X_{20} \text{ 或 } =0.000534X_{25} \quad (2)$$

上列各式中Y'＝灰份%糖之計算值，X_{20}、X_{25}分別爲 20°C 及 25°C 時之比電導度（微姆歐），X_t爲 t°C時之比電導度（微姆歐），t爲電導度測定時之檢液溫度（°C）。

上述方法之適用範圍爲含灰 0.2 %以下之低灰白糖，就15個低灰白糖樣品分別以上述方法及 T.R.Gillett 氏法作比較測定，所得結果以本題發展之方法計算由「高灰特砂之灰份稀釋糖液所建立之公式」者爲最高，計算由「純鹽類糖液所建立之公式」者次之，而以 T. R.Gillett 氏法測得之結果爲最低，三者之平均比率爲 100—92.5—73.1 。就中以高灰特砂之灰份稀釋糖液所建立之公式(2)較適用於台灣地區低灰白糖電導灰份之計算，其灰份計算值之估計標準誤＝0.0006，平均相對誤差＝4.5%，均屬正常，可資引用。

誌謝：本研究進行時，曾承工化系桑主任祥麟之提示。本文曾承陳治玄先生之校閱，僅此致謝。

四、參 考 文 獻

1. F.W. Zerban, et. al. (1926). Ash in Raw Sugar and the Specific Conductance of their Solution. Facts about Sugar, December 4, pp1158—65
2. T.R. Gillett, (1949). Conductometric measurement of ash in white Sugar. Analytical Chemistry, vol.21, No.9, pp1081—84.
3. 陳　維、王培基 (1950). 台灣砂糖灰份電導測定法之研究。 台灣糖業試驗所研究彙報 6：165—172。
4. 鄭應春、陳　維 (1960). 台灣糖類電導灰份測定法之研究—(Ⅰ)不同相關公式計算特砂電導灰份之檢討。台灣糖業試驗所研究彙報 21：49—56。
5. 鄭應春 (1961). 台灣糖類電導灰份測定法之研究—(Ⅱ)特砂電導灰份計算公式之修訂，(Ⅲ) 粗砂、二砂電導度灰份計算相關公式之檢討。台灣糖業試驗所研究彙報 25：27—32、33—42。
6. 鄭應春 (1962). 台灣糖類電導灰份測定法之研究—(Ⅳ)糖蜜電導灰份測定之檢討。台灣糖業試驗所研究彙報 28：187—192。
7. 鄭應春、許瑞後 (1954). 台灣砂糖暨糖蜜之化學成份。 台灣糖業試驗所研究彙報 12：165—175。

蔗渣纖維醱酵之研究

(Ⅰ)應用直交表實驗計劃法尋求生合成纖維分解酵素時主要因子之研究[1]

黃寶村　王隆輝　莊允當　吳春生[2]

摘　　要

本文係使用直交表實驗計劃法，研究微生物生合成纖維分解酵素時之主要影響因素之試驗報告。本試驗經選擇兩種主原料互相比較，其一爲蔗渣與麩皮，另一爲蔗髓與麩皮。經變異數分析所得之結果，簡述如下：

一、1. 使用蔗渣與麩皮爲主原料時，影響纖維分解酵素生合成之因子次序爲：

菌種＞水分含量＞通氣量＞培養時間＞無機鹽之添加＞蔗渣與麩皮比＞培養基酸度。

2. 使用蔗髓與麩皮爲主原料時，影響酵素生合成之因子次序爲：

菌種＞培養時間＞蔗髓與麩皮比＞水分含量＞通氣量＞培養基酸度＞無機鹽之添加。

二、1. 使用蔗渣與麩皮爲主原料時，M—1197菌株爲最佳菌株，在每克培養基中，可生合成88.7±29Cx 單位。其他因子條件改變時，酵素生合成量無顯著改變。

2. 使用蔗髓與麩皮爲主原料時，M—2001菌株爲最佳菌株。於 1比1 之蔗髓與麩皮比例及四天之培養，此菌株在每克培養基中，可生合成 114.7±30.4Cx單位。其他因子條件改變時，亦無顯著影響。

三、直交表實驗計劃法，不但可估計各因子之貢獻率，及探求因子間交互影響，並可節省時間與人力，且實驗結果，具有高度的再現性。

一、引　　言

應用微生物醱酵法以分解纖維素，或用纖維素爲培養基質以生產菌體蛋白質(Fungal Protein)或生合成其他有機物時，如何使微生物生產多量之纖維分解酵素(Cellulase)實爲最主要而須切實把握之問題，但在生產時，對應須考慮之主要因子如菌種之選擇，培養基之決定，培養條件如溫度、pH、時間、通氣量、刺激劑乃至攪拌速度等，最適點之尋求，項目繁多而不可缺一者，以往之傳統實驗，係採各單一因子逐次變更之研究方法，作爲選擇適當條件之依據，惟

---

(1) 台灣糖業試驗所審定發表論文第 R7—37號。

(2) 本所工業化學系九等、九等、八等化學工程師，十三等化學師。

(3) 本文於59年12月21日收到。

此方法，每由於其他因子之變異，而結果遂有不同。故在少數因子中，若有一二發生變動，其可靠性或可比較準確，但若多種因子同時發生變化，由於因子與因子間發生交互影響，結果之再現性遂呈不安定。因此吾人無法根據所得結果，作有把握之估計或判斷。由於不能對未知原因之影響，作成某種程度確實性之估計，於是無法作定量性之評價，傳統實驗之缺點即在於此。

英人 R.A. Fisher[1] 以其統計學之觀點，首創實驗計劃法，由實驗所得結果計算各項因子之變異數，作成檢定及因子貢獻率之評價，由此而解除傳統方法無法獲致因子間交互影響之缺點。但 Fisher 氏之方法，於含有多種因子之問題時，需要實驗之次數尚嫌太多，例言之，設有某一問題，需要研究或考慮之因子計有 8 個，而各因子又各有 3 個階次，則所需做之實驗數，需達 $3^8=6561$ 次之多。設只有 4 個因子亦需做 $3^4=81$ 次實驗，不特耗費大量人力物力，抑且時間上亦有甚多不符經濟原則。近年以來，世界各地之統計學者[2,3]有鑑於此，乃創導使用直交表的實驗法，此法具有 Fisher 氏之優點，並可大量減少採用傳統實驗計劃時所需實驗之次數，頗合實用，目前已在歐美盛行。

蔗渣爲本公司副產之一，年產約 160 萬噸之多，除以部份供蔗板蔗漿之用外，其他新用途之開發，似應積極着手。著者等，對於纖維分解酵素（Cellulase）之生產，用於纖維醱酵以提取蛋白質，以供飼料之需，研究已有多年，且獲得相當成果，惟當時以液體浸沈通氣培養方式，從事生產時，每發現所得結果，發生重大差異，由於培養因子衆多，無法尋求其不安定性之所由自，而傳統之實驗法，又無法解答其中因子之交互關係，以致亦無法予以有效控制。本所前聘吳玉印教授，講授直交表實驗計劃法，該法既可減少實驗次數，且對各主要因素之影響，及相互間之關係隨心所欲，憑各種不同之設計，求得結果。本試驗乃應用吳玉印氏所編直交表實驗計劃法[4]。先就固體培養方式，研究在生合成纖維分解酵素時，何種因子最重要而首先加以控制，俾使其生產情況，先由不穩而轉入安定，而且可以確切把握此所在，在生產操作上免除諸多不需要之困擾。依照此理論與由實驗所得數據，再應用於液體浸沈通氣培養試驗，而爲大規模生產纖維分解素，開闢一平坦大道。由本實驗之結果顯示，直交表實驗計劃法，確有其學術上之應用價值。

二、實驗材料與方法

㈠ 麩皮與蔗渣或蔗髓爲主原料之實驗

本實驗的固定條件爲：

1.培養溫度：30°C

2.種菌培養條件：將含水量爲 50%之麩皮 54g（即對含水量爲 10%之麩皮 30g，加 24ml水），裝入 500ml之三角瓶中，於殺菌後（121°C，40min）在 30°C，培養 8 天。

3.接種量：對上述種菌加 300ml.無菌水，作胞子懸濁液爲種菌。接種量爲 40%（volume/weight of dry wheat bran and bagasse or pith）。

變動之因素及各因素之階次示如表一，其自由度合計爲 3+1×2+2×4=13，故可使用多階次法及假因素配置於 L_{16} 表。

表一、以麩皮與蔗渣或蔗髓為主原料之實驗因素及階次

因素	階次	自由度
A：供試菌種	A_1=M−545，A_2=M−1196，A_3=M−1197，A_4=M−2001	3**
B：濕度	B_1=50%，B_2=70%	1
C：通氣量	C_1=20g，C_2=40g（乾燥主原料）	1
D：蔗渣或蔗髓與麩皮之比例	D_1=1：3，D_2=1：1，D_3=3：1	2 *
E：培養時間	E_1=4天，E_2=6天，E_3=8天	2 *
F：培養基酸度	F_1=pH6.0，F_2=pH5.0，F_3=pH4.0	2 *
G：無機鹽添加量	G_1=0，G_2=25%，G_3=50%	2 *

註：**：應用多階次法，　*：應用假因素法

(二) **實驗因素之具體配置**

表二、實驗因素之具體配置表

因素 / 實驗號碼	A 供試菌種	B* 濕度（%）	C** 通氣量（g）	D 蔗渣或蔗髓與麩皮之比例	E 培養時間（天）	F 培養基酸度（pH）	G*** 無機鹽添加量（%）	隨機順序
1	M-545	50	20	1：3	4	6	0	6
2	M-545	50	20	1：1	6	5	25	3
3	M-1196	50	40	1：3	4	5	25	15
4	M-1196	50	40	1：1	6	6	0	13
5	M-1197	70	20	1：3	6	6	25	5
6	M-1197	70	20	1：1	4	5	0	1
7	M-2001	70	40	1：3	6	5	0	12
8	M-2001	70	40	1：1	4	6	25	11
9	M-545	70	40	3：1	8	4	50	8
10	M-545	70	40	1：3	4	6	0	9
11	M-1196	70	20	3：1	8	6	0	2
12	M-1196	70	20	1：3	4	4	50	10
13	M-1197	50	40	3：1	4	4	0	14
14	M-1197	50	40	1：3	8	6	50	4
15	M-2001	50	20	3：1	4	6	50	7
16	M-2001	50	20	1：3	8	4	0	16

註：* 濕度百分率＝$100\% \times \frac{\text{水重}}{\text{乾燥主原料重量（含水量10\%）＋水重}}$

** 通氣量＝乾燥主原料（含水量10%）之重量置於500ml之三角瓶

***無機鹽添加量百分率＝$100\% \times \frac{\text{無機鹽溶液重量}}{\text{乾燥主原料（含水量10\%）之重量}}$

無機鹽溶液組成(5)＝6.0g$NaCl$；1.0g $(NH_4)_2SO_4$；0.5g KH_2PO_4；0.5gK_2HPO_4；0.1g $MgSO_4$；0.1g$CaCl_2$及1000ml H_2O

㈢ Cellulase (β-1.4-glucanase) 之鑑定

採用 E.T.Reese 及 M. Mandels 二氏方法[6]，以 9ml 之 0.55% CMC-Na 作基質（溶於 pH5.0 之 0.055 M. Citrate Buffer）加入 1ml之酵素液，在 50°C 作用 60分鐘後，應用 Miller氏[7] DNS 改良法測定作用液所生成之還原糖。

在上述條件下，每生成 4mg 之還原糖所需之酵素量，謂之一個單位的酵素（以 Cx/ml 或 Cx/g 表示）。

三、實驗結果及分析推定

㈠ 蔗渣與麩皮爲主原料之實驗

1.實驗結果

因素	A	B	C	D	E	F	G	結果 (Cx/ml)				
號碼 \ 行	2.4.6 2	3	5	8.9 8	10.11 10	12.13 12	14.15 14	一次單位 (X_1)	二次單位 (X_2)			
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
2	1	1	1	2	2	2	2	0	0	0	0	0
3	2	1	2	1	1	2	2	0	0	0	0	0
4	2	1	2	2	2	1	1	0	0	0	0	0
5	3	2	1	1	2	1	2	28	8	2	9	9
6	3	2	1	2	1	2	1	30	9	5	9	7
7	4	2	2	1	2	2	1	22	12	3	3	4
8	4	2	2	2	1	1	2	11	3	3	3	2
9	1	2	2	3	3	3	3	4	1	0	2	1
10	1	2	2	1′	1′	1′	1′	0	0	0	0	0
11	2	2	1	3	3	1′	1′	0	0	0	0	0
12	2	2	1	1′	1′	3	3	0	0	0	0	0
13	3	1	2	3	1′	3	1′	37	8	9	10	10
14	3	1	2	1′	3	1′	3	47	11	11	12	13
15	4	1	1	3	1′	1′	3	48	12	12	11	13
16	4	1	1	1′	3	3	1′	53	14	17	11	11

2.變異數分析

修正項 $CF=(\sum X_1)^2/64=280^2/64=1225$

二次單位平方和 $S_{T_2}=\sum X_2^2-CF=(8^2+2^2+\cdots\cdots+11^2+11^2)-1225=1661$

一次單位平方和 $S_{T_1}=\frac{1}{4}\sum X_1^2-CF=\frac{1}{4}\times(0^2+\cdots\cdots+53^2)-1225=1524$

要因A.B.C.D.E.F.G.平方和

$$S_A=\frac{1}{16}\left[(\sum A_1)^2+(\sum A_2)^2+(\sum A_3)^2+(\sum A_4)^2\right]-CF=\frac{1}{16}\times(4^2+0^2+142^2+134^2)-1225=1158.5$$

$$S_B=\frac{1}{32}\left[(\sum B_1)^2+(\sum B_2)^2)\right]-CF=\frac{1}{32}\times(185^2+95^2)-1225=126.5$$

$$S_C=\frac{1}{32}\left[(\sum C_1)^2+(\sum C_2)^2\right]-CF=\frac{1}{32}\times(159^2+121^2)-1225=22.5$$

$$S_D=\frac{1}{22}\left[(\sum D_1-\sum D_2)^2+(\sum D_3-\sum D_1')^2\right]=\frac{1}{32}\times\left[(50-41)^2+(189-100)^2\right]=6.31$$

$$S_E=\frac{1}{32}\times\left[(\sum E_1-\sum E_2)^2+(\sum E_3-\sum E_1')^2\right]=\frac{1}{32}\times\left[(41-50)^2+(104-85)^2\right]=13.81$$

$$S_F=\frac{1}{32}\times\left[(\sum F_1-\sum F_2)^2+(\sum F_3-\sum F_1')^2\right]=\frac{1}{32}\times\left[(39-52)^2+(94-95)^2\right]=5.31$$

$$S_G=\frac{1}{32}\times\left[(\sum G_1-\sum G_2)^2+(\sum G_3-\sum G_1')^2\right]=\frac{1}{32}\times\left[(52-39)^2+(99-90)^2\right]=7.81$$

誤差平方和

二次誤差平方和　$Se_2=S_{T2}-S_{T1}=1661-1524=137$

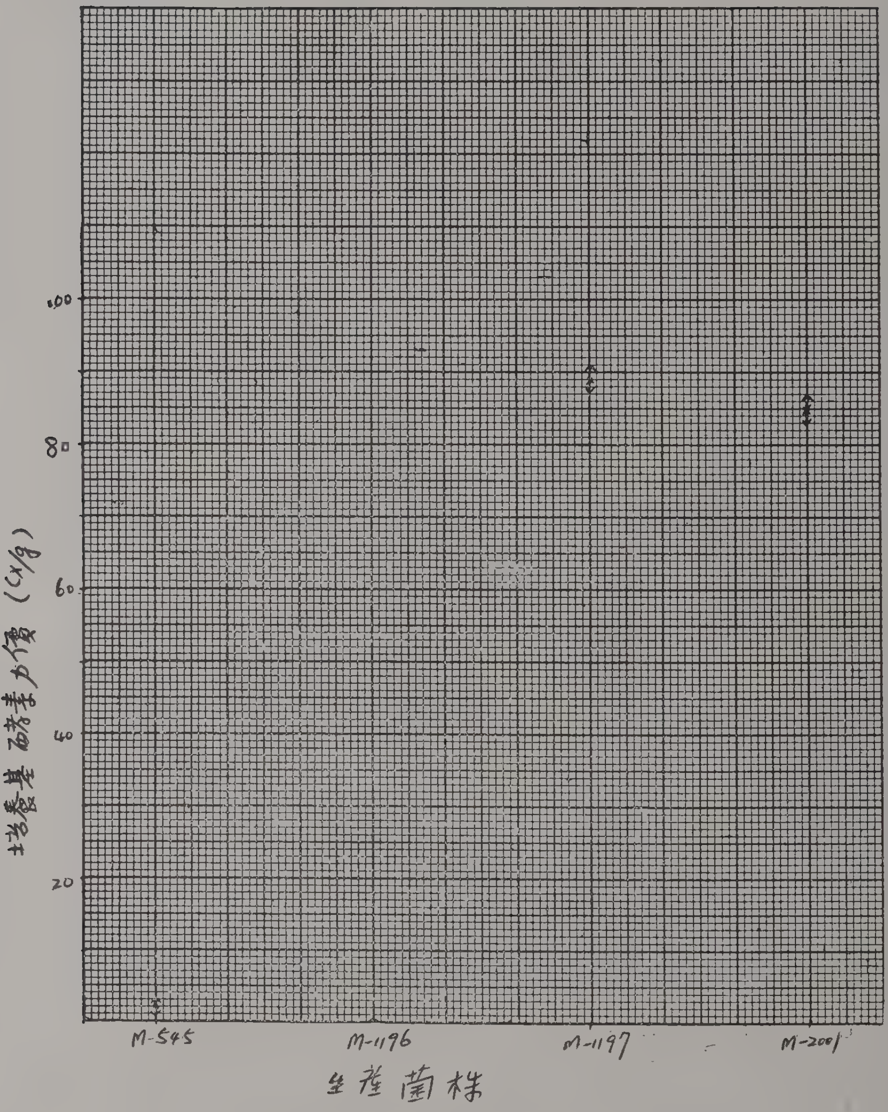
一次誤差平方和　$Se_1=S_{T1}-(S_A+\cdots\cdots+S_G)=1524-(1158+\cdots\cdots+7.81)=183.26$

綜合以上結果得表三，及圖一。

表三、蔗渣與麩皮為主原料之實驗結果變異數分析表*

要因 Factor	自由度 df	平方和 S-S	不偏變異數 m-S	變異數比 Fo	判定	影響程度順序	註
A	3	1158.5	382.6	15.24	非常顯著	1	$F^1_8=5.32$
B	1	126.5	126.5	4.99	近於顯著	2	(11.26)
C	3	22.5	22.5	0.89	不顯著	3	
D	2	6.31△	3.16			6	$F^2_8=4.46$ (8.65)
E	2	13.81	6.90	0.27	不顯著	4	
F	2	5.31△	2.65			7	$F^3_8=4.07$
G	2	7.81△	3.90			5	(7.59)
e_1	2	183.26	91.63				
e_2	48	137.0	2.85				
e_1'	8	202.69	25.34				

註：以e_2檢定e_1　$Fo=\frac{m\text{-}S\ of\ e_1}{m\text{-}S\ of\ e_2}=\frac{91.63}{2.85}=32.15$，$F^2_{48}=3.19(5.08)$非常顯著，故以 e_1 檢定各要因。又因要因 D.F.G. 之不偏變異數甚小（△記號者）故合併之得 e_1'，以 e_1' 檢定其他要因 A.B.C.D.E. 得如表之判定。



圖一、蔗渣麩皮實驗中生產菌株與酵素生合成之關係

3.最佳條件下結果之推定值及其可靠範圍

分析判定諸要因，結果僅A爲顯著因素，而其 A_3 爲最佳條件。故其推定結果應爲：

$$\hat{\mu}=\overline{T}+(\overline{A_3}-\overline{T})=\overline{A_3}=142/16=8.87$$

其95%可靠範圍爲

$$\pm\sqrt{\frac{F\ Ve}{ne}}=\pm\sqrt{\frac{5.32\times 25.34}{16}}=\pm 2.90$$

$$(F^{1}_{8(0.05)}=5.32\ ,\qquad ne=\frac{64}{1+3}=16)$$

(二) 蔗髓與麩皮爲主原料之實驗

1.實驗結果

因素	A	B	C	D	E	F	G	結果 (Cx/ml)				
號碼 \ 行	2. 4. 6 2	3	5	8. 9 8	10. 11 10	12. 13 12	14. 15 14	一次單位 (X_1)	二次單位 (X_2)			
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
2	1	1	1	2	2	2	2	0	0	0	0	0
3	2	1	2	1	1	2	2	0	0	0	0	0
4	2	1	2	2	2	1	1	0	0	0	0	0
5	3	2	1	1	2	1	2	8	1	2	2	3
6	3	2	1	2	1	2	1	41	11	10	10	10
7	4	2	2	1	2	2	1	3	1	1	1	0
8	4	2	2	2	1	1	2	43	11	11	12	9
9	1	2	2	3	3	3	3	0	0	0		0
10	1	2	2	1′	1′	1′	1′	2	1	0	1	0
11	2	2	1	3	3	1′	1′	0	0	0	0	0
12	2	2	1	1′	1′	3	3	0	0	0	0	0
13	3	1	2	3	1′	3	1′	30	8	7	8	7
14	3	1	2	1′	3	1′	3	24	7	5	6	6
15	4	1	1	3	1′	1′	3	53	13	13	13	14
16	4	1	1	1′	3	3	1′	35	9	8	9	9

2.變異數分析

修正項　$CF=(\sum X_1)^2/64=239^2/64=892.5$

二次單位平方和　$S_{T_2}=\sum X_2^2-CF=(1^2+2^2+\cdots\cdots+9^2+9^2)-892.5=1400.5$

一次單位平方和　$S_{T_1}=\sum X_1^2-CF=(0^2+\cdots\cdots+8^2+\cdots\cdots+35^2)-892.5=1386.7$

要因 A.B.C.D.E.F.G. 平方和

$$S_A=\frac{1}{16}\left[(\sum A_1)^2+(\sum A_2)^2+(\sum A_3)^2+(\sum A_4)^2\right]-CF=\frac{1}{16}\times(2^2+0^2+103^2+134^2)-892.5=893$$

$$S_B=\frac{1}{32}〔(\sum B_1)^2+(\sum B_2)^2〕-CF=\frac{1}{32}\times(142^2+97^2)-892.5=31.7$$

$$S_C=\frac{1}{32}〔(\sum C_1)^2+(\sum C_2)^2〕-CF=\frac{1}{32}(137^2+102^2)-892.5=19.2$$

$$S_D=\frac{1}{32}〔(\sum D_1-\sum D_2)^2+(\sum D_3-\sum D_1')^2〕=\frac{1}{32}\times〔(84-11)^2+(83-61)^2〕$$

$$=181.7$$

$$S_E=\frac{1}{32}〔(\sum E_1-\sum E_2)^2+(\sum E_3-\sum E_1')^2〕=\frac{1}{32}\times〔(84-11)^2+(85-59)^2〕$$

$$=187.7$$

$$S_F=\frac{1}{32}〔(\sum F_1-\sum F_2)^2+(\sum F_3-\sum F_1')^2〕=\frac{1}{32}\times〔(51-44)^2+(65-79)^2〕$$

$$=7.7$$

$$S_G=\frac{1}{32}〔(\sum G_1-\sum G_2)^2+(\sum G_3-\sum G_1')^2〕=\frac{1}{32}\times〔(51-44)^2+(77-67)^2〕$$

$$=4.7$$

誤差平方和

二次誤差平方和　$Se_2=S_{T2}-S_{T1}=1400.5-1386.7=13.8$

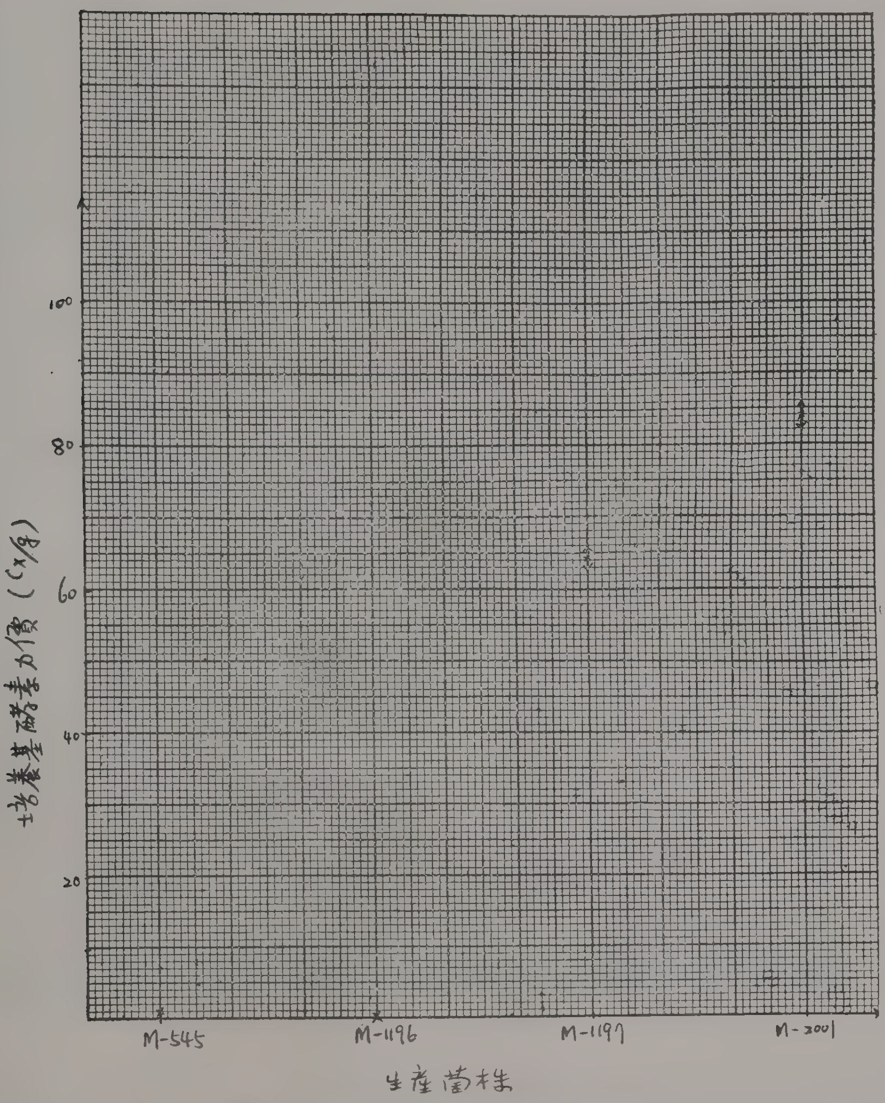
一次誤差平方和　$Se_1=S_{T1}-(S_A+\cdots\cdots+S_G)=1386.7-(893+\cdots\cdots+4.7)=61$

綜合以上結果得表四及圖二、三、四。

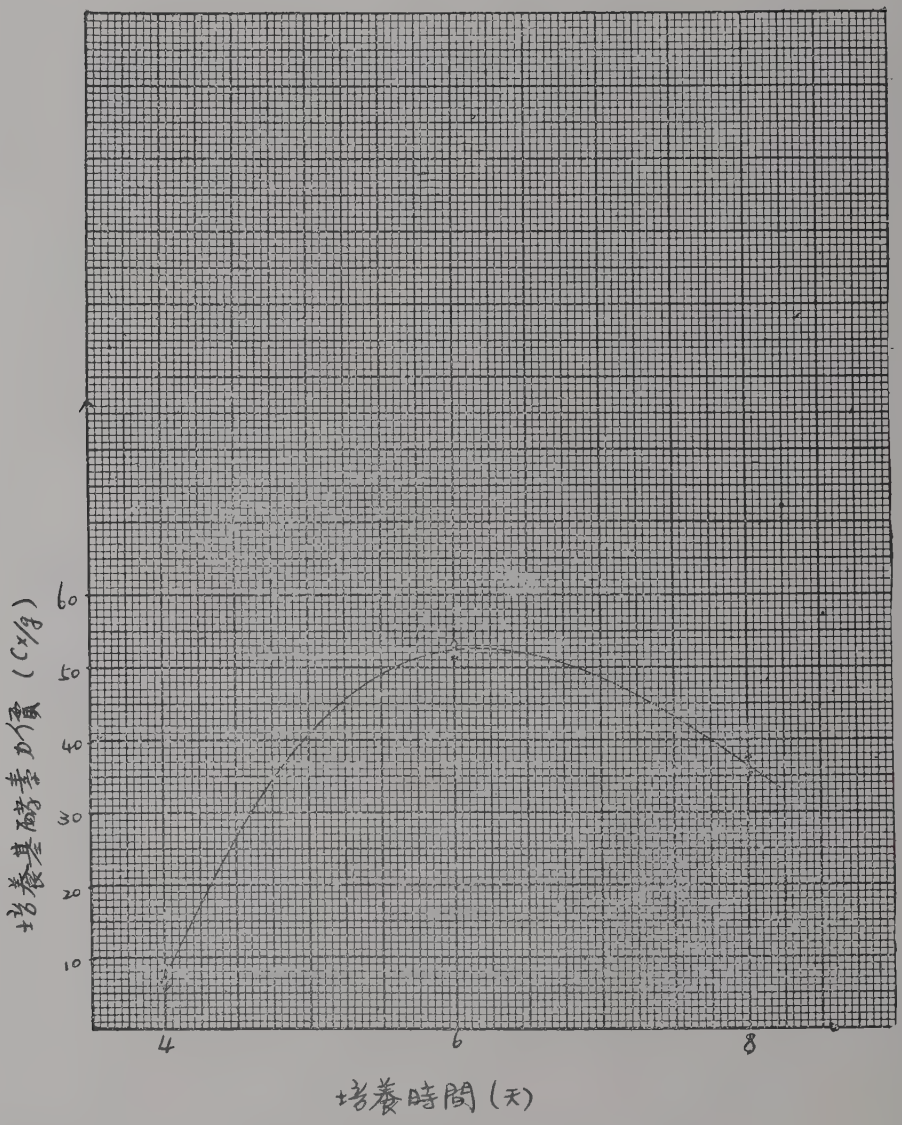
表四：蔗髓與麩皮爲主原料之實驗結果變異數分析表*

要因 Factor	自由度 df	平方和 S-S	不偏變異數 m-S	變異數比 Fo	判定	影響程度順序	備註
A	3	893.0	297.67	22.26	非常顯著	1	
B	1	31.7	31.7	2.37	不顯著	4	$F^1_7=5.59(12.25)$
C	1	19.2	19.2△			5	
D	2	181.7	90.85	6.85	顯著	3	$F^2_7=4.74(9.55)$
E	2	187.7	93.85	7.07	顯著	2	
F	2	7.7	3.85△			6	$F^3_7=4.35(8.45)$
G	2	4.7	2.35△			7	
e_1	2	61.0	30.5				
e_2	48	13.8	0.29				
e_1'	7	92.6	13.27				

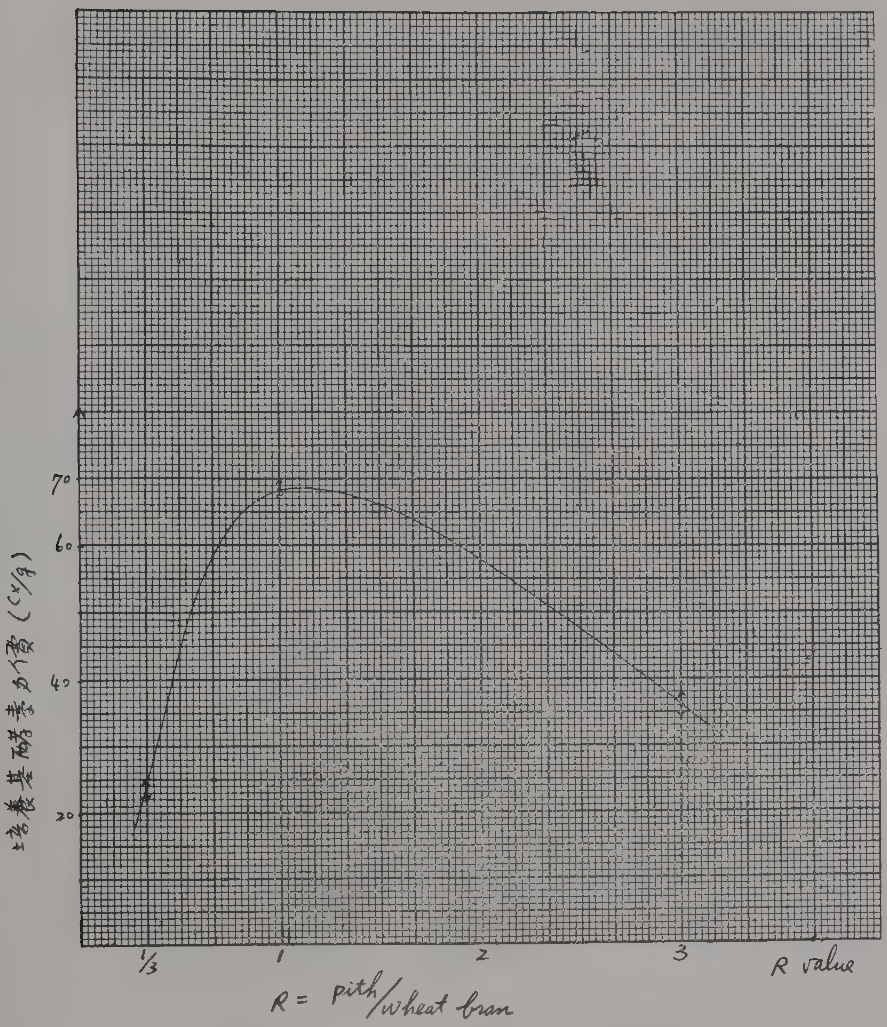
註：以 e_2 檢定 e_1 $Fo=\frac{m\text{-}S\ of\ e_1}{m\text{-}S\ of\ e_2}=\frac{50.5}{0.29}=105.18$，$F^2_{48}=3.19/5.08$ 非常顯著。故以 e_1 檢定各要因，又因要因 C. F. G. 之不偏變異數小於 e_1 之不偏變異數故合併之而得 e_1'，以 e_1' 檢定其他要因A. B. D. E.得如表之判定。



圖二、蔗渣麩皮實驗中生產菌株與酵素生合成之關係



圖三、蔗髓麩皮實驗中培養時間與酵素生合成之關係



圖四：蔗髓麩皮實驗中蔗髓麩皮比例與酵素生合成之關係

3.最佳條件下結果之推定值及其可靠範圍

分析判定諸要因，結果 A.D.E. 爲顯著因素，而以 $A_4E_3D_2$ 爲最佳條件。故其結果推定值應爲：

$$\hat{\mu}=\overline{T}+(\overline{A}_4-\overline{T})+(\overline{E}_1{}^1-\overline{T})+(\overline{D}_2-\overline{T})$$

$$=\overline{A}_4+\overline{E}_1+\overline{D}_2-2\overline{T}=\frac{134}{16}+\frac{85}{16}+\frac{84}{16}-\frac{2\times 239}{64}=11.47$$

而可靠範圍爲 $\pm\sqrt{\frac{F\ Ve}{ne}}=\pm\sqrt{\frac{5.59\times 13.27}{8}}=\pm 3.04$

$$(F^1{}_{7(0.05)}=5.59,\quad ne=\frac{64}{1+3+2+2}=8)$$

四、討 論 與 結 論

由實驗所得結果，經變異數分析，吾人得知於二組實驗中，各因子對酵素生產影響之程度稍有差異。在以蔗渣與麩皮爲主原料之組合中，依序爲：菌種＞濕度＞通氣量＞培養時間＞無機鹽添加量＞蔗渣，麩皮比例＞培養基酸度。而另一組合中，其順序爲：菌種＞培養時間＞蔗髓，麩例＞濕度＞通氣量＞培養基酸度＞無機鹽添加量。究其原因，可能是蔗髓比蔗渣較爲鬆散使然，皮比蓋鬆散之程度，影響固體培養基中粒子與粒子間之空隙度（Porosity）至大，而空隙與通氣量之關係非常密切，故在蔗髓之組合中，蔗髓與麩皮比例之影響程度大於濕度與通氣量，反之在蔗渣之組合中，濕度與通氣量佔較爲顯著之地位。

相同之處，是菌種之影響程度皆居首要地位，培養時間亦爲一項需要留意之因子；菌種之選取，又依所用原料而有所不同，本實驗中所用之菌株 M-1197 及 M-2001 皆不失爲優良者，但在蔗渣麩皮之實驗中，前者較佳，而在蔗髓麩皮之實驗中則 M-2001 優於 M-1197。至於培養基酸度之控制，無機鹽之添加，在本纖維分解酵素生產上，其貢獻率皆甚少，在本實驗所考慮的階次範圍內之變動，皆不會導致結果的重大差異。

綜上所述，筆者等認爲下列二事最值注意：

1.醱酵生產上，菌種之選擇由來皆佔首要地位，一般言之，一種新的醱酵生產研究之肇始，皆由學識俱佳之權威專家，依其目的，選定適當基礎培養基（Basal Medium），先行篩選實驗，於取得優良菌種後，才正式着手研究其生產條件，以往吾人皆不明所以，依樣畫葫蘆，徒浪費如許精力與時間，努力研鑽而仍一無所獲。

現以變異數分析的方法，計算其不偏變異數，知其貢獻率皆大於60%，由是始知其重要性之究竟所在。

2.傳統的實驗研究，吾人照例需要依逐次變更因素之方法，研究各因子之最適條件，但不知各因素所佔重要性之程度，更不知各因子控制上的先後順序；而變異數分析法則可提供吾人明確之指示。即以本研究題爲例，若按傳統之方式，一般之條件與結果說明，應如下列：

(1)以蔗渣與麩皮爲主原料生產纖維分解酵素時，在下述最適條件下可得 88.7 Cx unit/g 之結果。

菌株＝M-1197　　　濕度＝50%
通氣量＝裝 20g 乾燥主原料於 500 ml 三角瓶
蔗渣用量：麩皮用量＝1：3 (w/w)
培養時間＝8天　　　培養基酸度＝pH 5.0
無機鹽添加量＝乾燥主原料之 50%(v/w)

(2)以蔗渣與麩皮爲主原料生產纖維分解酵素時，在下述最適條件下。，可得 114.7 Cx unit/g 之結果。

菌株＝M-2001　　　濕度＝50%
通氣量＝裝 20g 乾燥主原料於 500 ml 三角瓶
蔗髓用量：麩皮用量＝1：1 (w/w)
培養時間：六日；　　　培養基酸度：pH5.0
無機鹽添加量：約爲乾燥主原料之 50% (v/w)

但經由變異數分析之結果，得知各因子控制上之順序所在，是即在(1)之組合中，只要使用 M-1197號菌株就可得 88.8±29 Cx unit/g 之結果，而在(2)之組合中，只要用 M-2001 號菌株，以蔗髓與麩皮之比爲 1：1 (w/w) 爲主原料，經六天培養，即可得 114.7±30.4 Cx unit/g 之結果。

應用直交表實驗計劃法，確實可以節省許多無謂精力與時間，困擾與再摸索；本研究結果即其明證也。

誌謝：本文完成後承本系桑主任祥麟，吳教授玉印惠予斧正，又承陳治玄先生對計算數值詳加校核，作者等一併謹誌謝忱。

五、參 考 文 獻

1. Fisher R. A.Design of Experiments (Oliver & Boyd Co. Inc., 1951) 。
2. 田口玄一 (1962). 實驗計劃法。上下卷，丸善書社。
3. 田口玄一 (1966). 統計解析。丸善書社。
4. 吳玉印 (1969). 實驗計劃法。中國生產力及貿易中心。
5. Han. Y. W. and Srinivasan (1968). Isolation and Characterization of a Cellulase-utilizing Bacterium, Applied Microbiology 16, 8, pp 1140-1145.
6. Mandels, M. and Reese, E. T. (1957). Induction of Cellulase in Trichoderma viride as Influenced by Carbon Sources and Metals, J. Bact., 73, 269.
7. Miller, G. L. (1959). Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar, Anal. Chem., 31, 426.
8. 吳春生 (1968). 應用 Trichoderma viride 菌所產纖維分解酵素萃提脫脂大豆粕中蛋白質之研究—(1) T. V. 菌生合成各種酵素之鑑定與誘導劑之關係。台灣糖業試驗所研究彙報47：181—185。

9. 吳春生 (1967).應用 Trichoderma viride 菌所產纖維分解酵素對蔗渣崩解之研究。化工通訊71。

10. Wang, L. H. and Su, Y. C (1968). Studies on Cellulolytic Enzyme. Production by Mold and Its Application. Memoiss of Agr. N. T. U. 9, 2.

甘蔗實生苗單株密植法之研究[1]

郭清陽　莫炳權[2]

摘　要

甘蔗實生苗以原行雙排單株密植法定植可容納二倍於單排單株普通植法之定植苗量。經試驗結果證明雙排密植法在莖數及莖徑顯著劣於普通植法，唯存活率、入選率及莖高生長均與普通植法相若，亦即有極正常之生長及選拔效果，如在需育成多量實生苗而土地經費無法擴充之情形下，對莖數及莖徑稍爲放寬標準，則原行雙排單株密植法極可取代叢植法而值得應用。

一、引　言

甘蔗爲異質多元體作物之一，其遺傳形質變化多端，且選育推廣良種之機會極其微小。因此欲選育良種，必須育成多量實生苗，爲各國甘蔗育種家所公認。近年來本省每年育成實生苗均在五十萬株以上，在土地、栽培費用、人工供應均受限制之情形下，非另設法容納此多數實生苗不可。叢植法當係容納多量實生苗於有限面積土地之佳法，但因其僅能選取一莖，因而第一年無性繁殖所能供應之苗量過少，且同一個體在叢植法與單植法所表現之特性往往不一致，更因個體間生長競爭能力之不同，致有誤選或漏選，勢所難免。不但在世界各地試驗結果至今尚無一致之評價，在本省環境之下，亦多值得檢討之處。因此作者等創用一折衷辦法，即本文所稱單株密植法以容納多量實生苗，並保有單植的優點而除去叢植法之缺點，更進而善加利用甘蔗實生苗本身生長競爭力，選育生勢優、生長快，生育期短而高糖豐產之新品種，以配合公司政策，並提高選種效能。

二、試驗材料及方法

本試驗自 1963 年開始至 1968 年結束，分三部份進行。茲將各年期試驗之材料及方法分述如下：

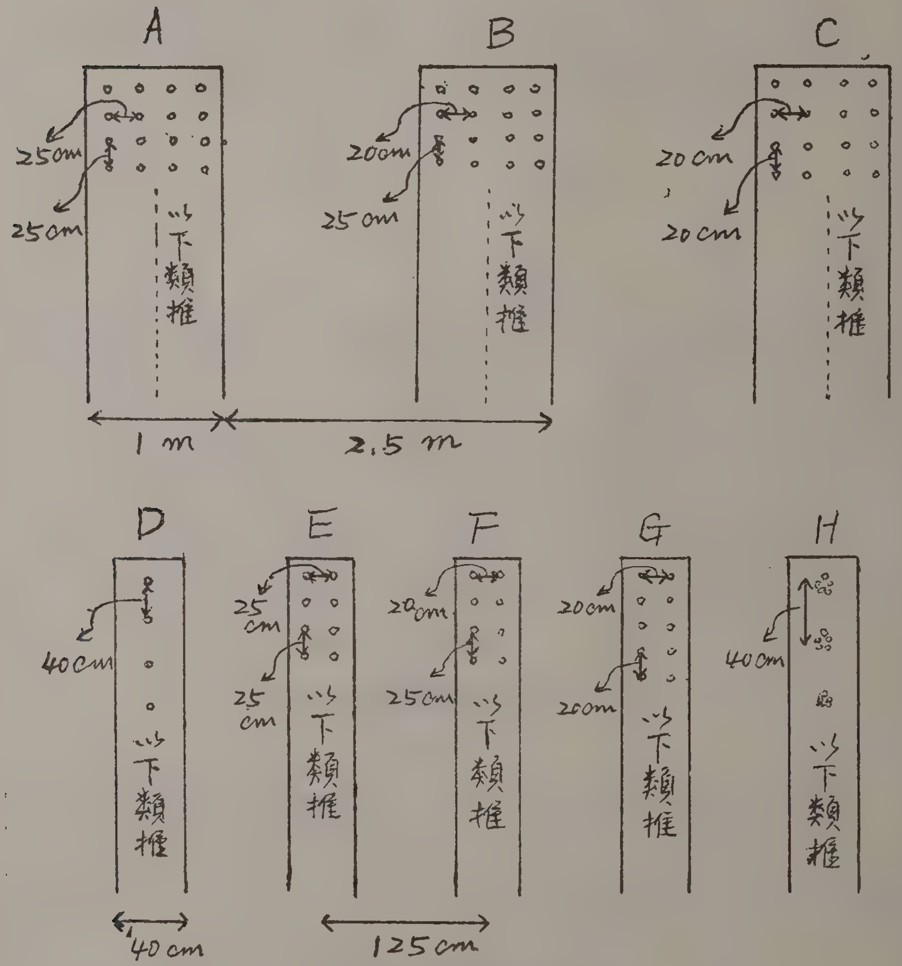
試驗 I ：寬行（行寬 2.5m，植溝寬 1m）單株密植，原行（行寬 1.25m，植溝寬　0.4m）單株密植，叢植及單株普通植法之比較。

(1)　台灣糖業試驗所審定發表論文第R 1—85號。

(2)　本所育種系九等技術師、系主任。

(3)　本文於59年9月12日收到。

以 F 146×CP 53-5 之實生苗為供試材料，於民國53年 4 月24日定植，共分八處理：A、寬行 25×25cm 每排 20株每行 4 排（即每行80株）；B、寬行 25×20cm 每排 20 株每行 4 排（即每行80株）；C、寬行 20×20 cm每排25株每行 4 排（每行 100株）；D、原行普通植法，即行寬 1.25m 株距 40 cm 每行單排單株植 12株；E、原行 25×25 cm雙排每排 20株（即每行40株）；F、原行 25×20 cm 雙排×20 株（每行 40株）；G、原行 20×20 cm 雙排×25 株（每行 50株）；H、原行每行植12叢每叢 5 株（計60株）。行長均為5m，每處理定植實生苗 80～120株，隨機排列，重複四次。各處理定植法示如圖一。試驗期中按照生育期分別調查其莖高、莖數、莖經及錘度。



圖一、各處理定植法模式圖

試驗Ⅱ：原行單株密植法與普通植法之比較。

以 B4744×51-213, Co617×51-213, F146×F147, F146×51-213, Nco 310×EK 338, Nco 334×F152, Nco 334×56-180, 40-412×43-52, 53-2422×52-18 等 9 個組合之實生苗作試驗，共計 11,912 株，分為 25×25cm 2 排×18株（每行 36株）單株密植及 125×40cm 每行 12株單株普通植兩處理，於民國 54年 4 月15日定植。組合間隨機排列，不重複，僅調查其成活率及入選率。行長5m，行寬 1.25m，植溝寬 40cm。

試驗Ⅲ：分株實生苗單株密植法與普通植法之比較。

以同株實生苗分株後處於不同植法中，以觀測一個體因不同植法所表現之差異程度。本試驗分三年期舉行。供試實生苗經第一次假植至足够分蘗時各剖分為二株，並為公平起見一律去其母莖，再假植於小瓦鉢中，至兩株均回青後始按照處理分為密植及普通植定植於田間。

A、63年期：以 F144 × F149 及 F148 × F152 兩組合之實生苗計共 150 株為試驗材料，分二處理：（1）20×20 cm 株行距，每行 6排，每排 25株之寬行單株密植；（2）125×40 cm 單排每行 12株之原行普通植法。於民國 52 年 1 月初播種，2 月初第一次假植，3 月中旬分株，4 月 23日定植。定植後分別調查其成活株數及各時期之莖高、莖數、莖徑、錘度等以為比較。

B、64年期：以 55-2775×F 152組合之實生苗計 150株作試驗，分二處理：（1）25×20 cm 2排×25株原行單株密植；（2）125×40 cm 單株每行 12株普通植。於民國53年 1 月中旬播種，2月中旬假植，3 月下旬分株處理，於 4 月 24 日定植。定植後分別調查其成活率、莖高、莖數、莖徑及錘度。

C、66年期：以 F141×53-2300，F146×F 153, F152×m（多父，以下簡稱m），F153×58-2500，58-2400×m，58-2500× F141，58-2500×m，58-2300×m 等八個組合之實生苗各取72株，計共 576 株為試驗材料，共分二處理：（1）25×25 cm 2 排×18 株（每行 36株）原行單株密植及（2）125×40 cm 單排單株每行 12株普通植法。於民國 55年 1 月初播種，2 月初第一次假植，3 月初分株處理而於同年 4 月 1 日定植於田間。定植後調查成活及入選率，進一步探明密植法之實用價植。

三、試 驗 結 果

試驗Ⅰ：寬行單株密植，原行單株密植，叢植及單株普通植法之比較。

各種定植法各時期生長情形之比較如表一：

表一、各種密植法、叢植法與普通植法生長情形比較表

處理 代號	說明	53年6月8日 莖高	分蘗	53年9月5日 莖高	莖數	54年1月5日 莖高	莖數	莖徑	錘度	入選株數
		cm	支	cm	支	cm	支	cm	°	
A	寬行 25× 25cm 4 排	24.2	3.6	145.5	2.3	249.6	2.3	2.1	17.6	19
B	寬行 25× 20cm 4 排	19.6	3.6	134.3	2.0	259.7	2.1	2.0	17.8	15
C	寬行 20× 20cm 4 排	24.5	3.1	141.4	1.9	246.3	1.9	2.0	17.8	15
D	原行 40×125cm 單排	28.8	4.2	141.5	4.8	261.1	4.7	2.2	17.7	29
E	原行 25× 25cm 雙排	26.6	3.3	125.7	2.2	235.6	2.4	2.1	17.3	34
F	原行 25× 20cm 雙排	24.1	3.3	132.7	2.6	246.4	2.5	2.2	17.4	29
G	原行 20× 20cm 雙排	25.0	3.1	150.4	2.3	256.1	2.3	2.1	17.9	32
H	原行 40×125cm 5株叢植	29.2	2.1	147.9	1.5	249.5	1.5	2.0	18.5	20
平均		25.3	3.3	139.9	2.5	250.5	2.5	2.1	17.8	24.1

最後一次調查數值經變量分析結果如表二及表三：

表二、各種密植法、叢植法與普通植法收穫調查數值變量分析F值表

項目	處理間F值	P＝5%F值	P＝1%F值	結果
莖高	1.008	2.42	3.51	不顯著
莖數	36.7**	〃	〃	極顯著
莖徑	0.091	〃	〃	不顯著
錘度	0.841	〃	〃	不顯著

表三、莖數差異比較表

處理	莖數	差						異
D	4.7							
F	2.5	2.2**						
E	2.4	2.3**	0.1					
A	2.3	2.4**	0.2	0.1				
G	2.3	2.4**	0.2	0.1	0			
B	2.1	2.6**	0.4*	0.3	0.2	0.2		
C	1.9	2.8**	0.6**	0.5*	0.4*	0.4*	0.2	
H	1.5	3.2**	1.0**	0.9**	0.8**	0.8**	0.6**	0.4*

5% LSD= 0.38　　1% LSD= 0.55.

觀表一至表三，可知除莖數一項達到1%平準，D處理極顯著優於其他各處理，C處理與H處理極顯著劣於其他各處理外，莖高、莖徑、錘度等三項差異均未達顯著程度，其他各生長階段莖高伸長亦未見有顯著之差異。

試驗Ⅱ：原行單株密植與普通植法之比較。

由試驗Ⅰ結果，在原行雙排密植法與寬行4排密植法之間生長情形雖未達差異顯著程度，但栽培管理操作上則前者，因習慣及農機具之配合等關係顯然優於後者，而兩者單位面積容納實生苗量相同。因此乃放棄寬行多排密植法而進一步探討原行雙排密植法與單排普通植法間之差異。其調查結果如表四：

表四：原行雙排密植與單排普通植實生苗成活與入選率之比較

組合	定植方式	定植株數	成活株數	成活%	入選株數	入選%
B 4744×51—213	密植	798	458	57	12	3
	普通植	486	390	80	15	4
Co 617×51—213	密植	430	364	85	23	6
	普通植	555	464	84	23	5
F 146× F 147	密植	1132	988	87	17	2
	普通植	1181	1099	93	15	1
F 146×51—213	密植	298	240	81	12	5
	普通植	352	309	88	18	6
NCo 310×EK 338	密植	404	262	65	7	3
	普通植	340	268	79	7	3
NCo 334× F 152	密植	973	767	79	28	4
	普通植	260	233	90	18	8
NCo 334×56—180	密植	1553	1249	80	48	4
	普通植	801	414	52	17	4
40— 412×43— 52	密植	1211	1059	87	17	2
	普通植	764	729	95	15	2
53—2422×52— 18	密植	216	163	75	3	2
	普通植	158	137	87	9	7
合計或平均	密植	7015	5550	79.1	167	3.0
	普通植	4897	4043	82.5	137	3.4
差異(密植—普通植)				—3.4		—0.4
t值 5%＝2.120 1%＝2.921				1.059		1.114

由表四可見成活率及入選率，普通植法均稍優於密植法，但相差甚微，統計上均未達顯著程度。

試驗Ⅲ：分株實生苗單株密植法與普通植法之比較。

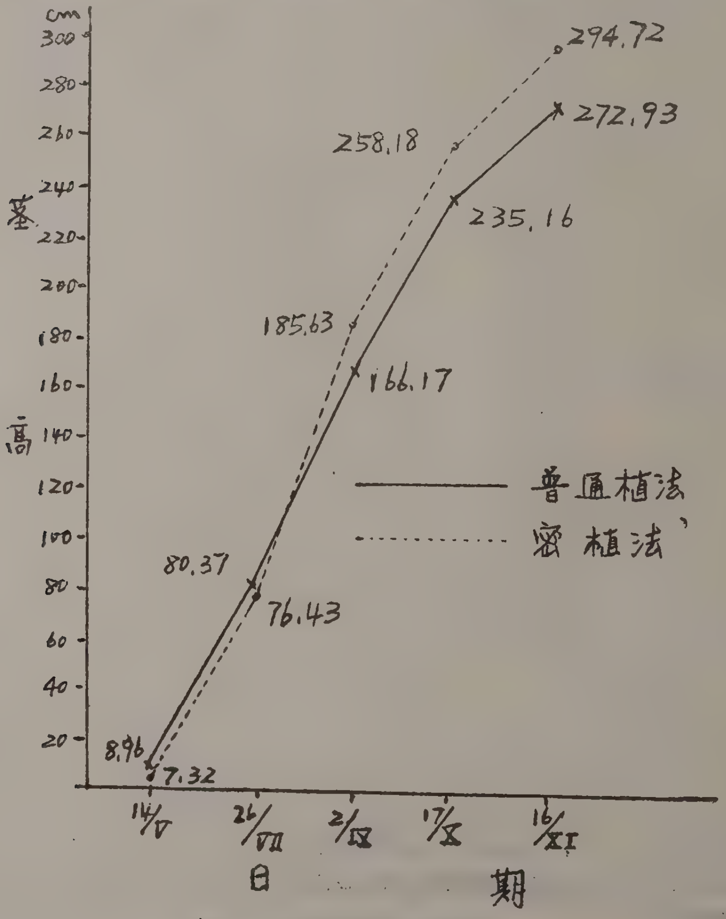
A、63年期：本年期爲寬行6排密植與原行單排普通植法之比較。其定植時及收穫前之生育調查結果列如表五：

表五、63年期分株實生苗生育調查結果

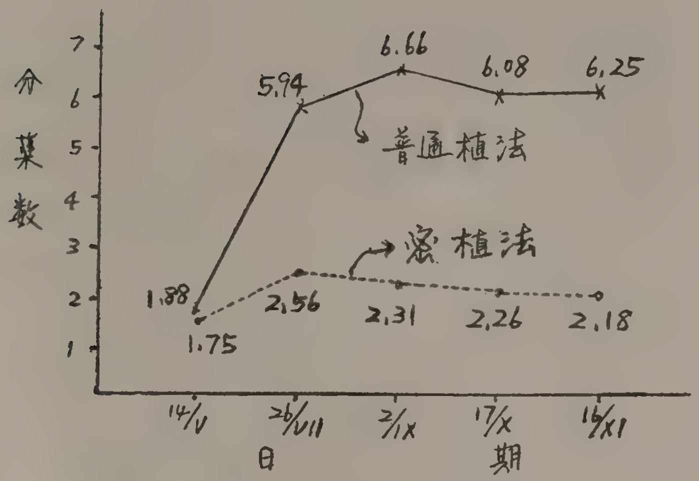
處理	定植時		收穫前					
	莖高	分蘖	莖高	莖數	莖徑	錘度	總生長量	成活株數
	cm	支	cm	支	cm	°		
密植法	7.32	1.75	294.72	2.18	1.87	18.45	287.40	94
普通植法	8.96	1.88	272.93	6.25	2.16	18.46	263.97	120
差異(密—普)	−1.64	−0.13	+ 21.79	−4.07	−0.29	− 0.01	+23.43	−26
t 値			2.694**	10.334**	8.065**	0.471		

P = 5 % t = 1.976 P = 1 % t = 2.609

由表五可見各項特性在定値時雖其差異不大，但至收穫時則有極顯著之差異。其差異程度則以莖數爲最大，莖徑次之，莖高再次之，而錘度則殆無差異。全生長期生長曲線及分蘖消長示如圖二及圖三，顯示莖高於9月2日起，莖數則早在7月26日已有差別。



圖二、63年期分株實生苗生長曲線



圖三、63年期分株實生苗分蘖消長

B、64年期：本年期爲原行雙排密植法及單排普通植法之比較。其定植後一個月及收穫前之生育調查結果如表六。全生長期生長曲線及分蘖消長劃如圖四與圖五。

表六、64年期分株實生苗生育調查結果

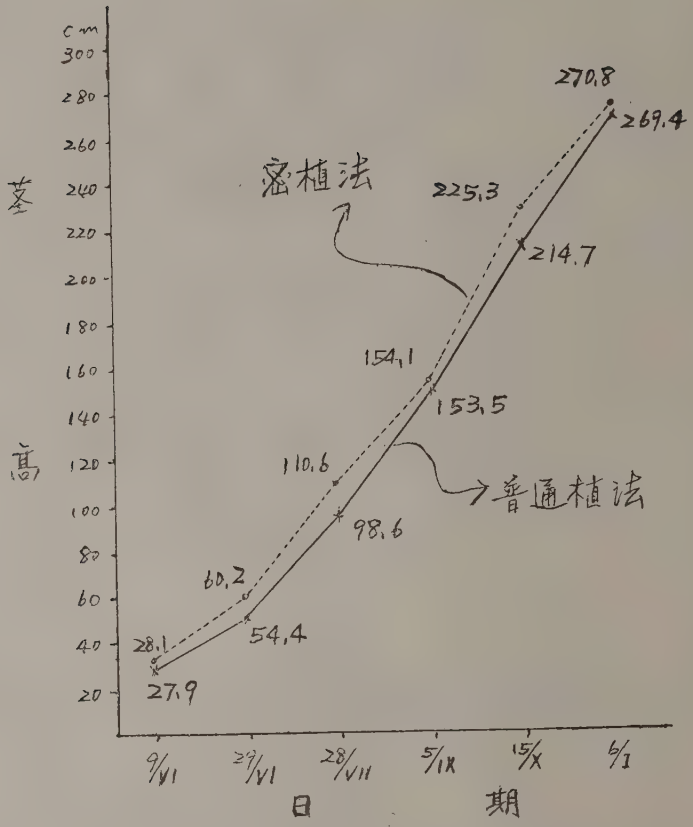
處理	定植後一個月		收穫前						入選	
	莖高	分蘖	莖高	莖數	莖徑	錘度	總生長量	存活率	株數	%
	cm	支	cm	支	cm	°	cm	%		
密植	28.1	2.7	270.8	2.1	2.2	18.3	242.7	77	69	59.5
普通植	27.9	3.5	269.4	4.4	2.4	18.5	241.5	95	64	44.8
差異（密—普）	+ 0.2	− 0.8	+ 1.4	− 2.3	− 0.2	− 0.2	+ 1.2	− 18	+ 5	+14.7
t 値			0.269	9.465**	2.128*	0.461				

P＝5％　t＝1.972　　P＝1％　t＝2.601

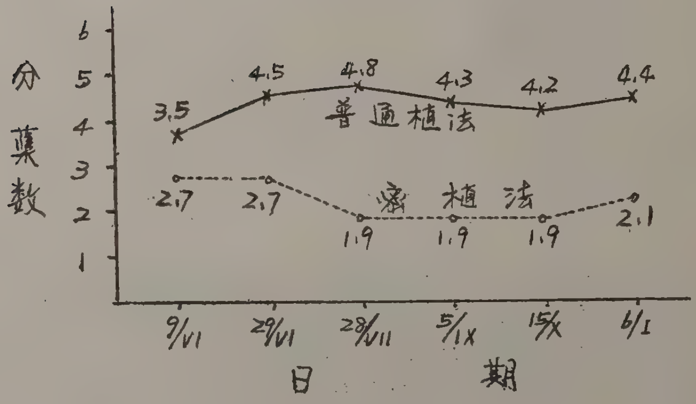
觀表六結果與上年期頗相吻合，則以莖數差異最大，莖徑次之，而錘度相差甚微，惟一與上年期不同者爲莖高相差甚微，未達到顯著平準，而莖徑差異顯著程度亦無上年期之大。

至於全生長期莖高，密植法雖一路領先，但始終相差不顯著，而莖數則以普通植法爲多。

C、66年期：本年期爲進一步探討原行密植法之實用價值，乃擴大範圍，增加組合數及株數。結果列如表七：



圖四、64年期分株實生苗生長曲線



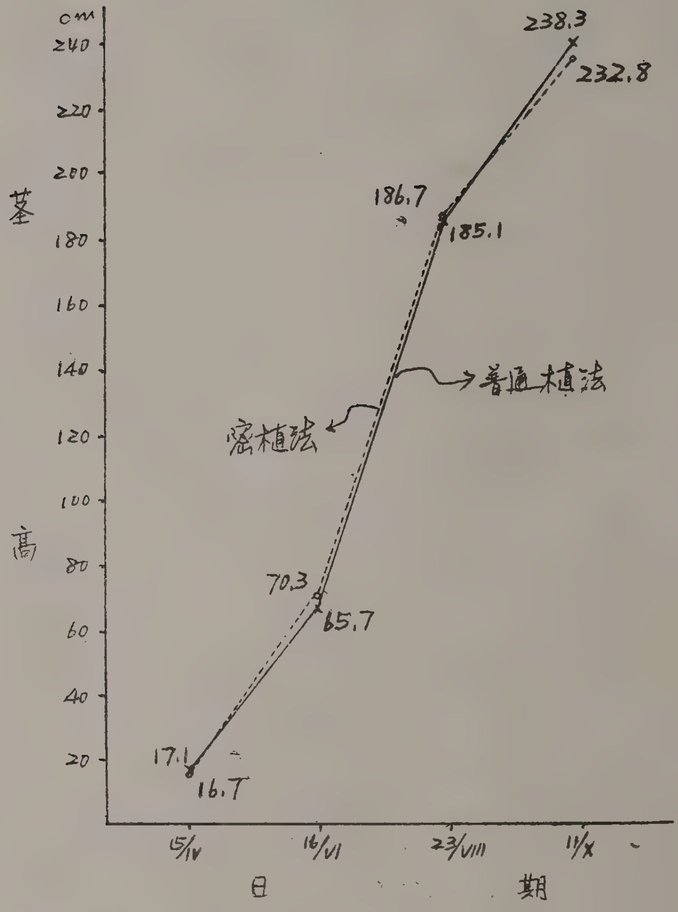
圖五、64年期分株實生苗分蘗消長

表七丶66年期分株實生苗定植法比較試驗結果

組合	植法	成活%	最後生存株數	入選 株數	入選 %	密普均入選 株數	密普均入選 %	莖高	莖數	莖徑	錘度
								cm	支	cm	°
F 141×58—2800	密植	96	49	4	8.2	1	2.0	231	3.6	1.6	18.4
	普通植	93	54	5	9.3	1	1.8	249	7.8	1.8	16.2
F 146×F 153	密植	93	66	7	10.6	3	4.6	219	3.2	1.8	16.3
	普通植	93	70	7	10.0	3	4.3	220	6.7	2.0	18.1
F 152×m	密植	88	60	10	16.7	2	3.3	243	2.8	2.1	20.0
	普通植	94	60	13	21.7	2	3.3	259	4.5	2.3	18.3
F 153×58—2500	密植	89	44	8	18.2	4	9.1	198	3.7	1.8	18.0
	普通植	94	49	7	14.3	4	8.2	189	6.8	1.9	18.4
58—2400×m	密植	93	56	13	23.2	4	7.1	254	2.8	2.0	18.2
	普通植	96	61	12	19.7	4	6.6	260	5.5	2.3	17.9
58—2500×F 141	密植	93	54	18	33.3	4	7.4	245	3.4	1.7	17.0
	普通植	97	66	13	19.7	4	6.1	252	6.2	1.9	18.2
58—2500×m	密植	96	62	13	21.0	6	9.7	246	3.3	1.8	19.2
	普通植	97	68	9	13.2	6	8.8	244	7.3	1.9	20.4
58—2800×m	密植	89	49	4	8.2	1	2.0	225	3.1	2.0	19.1
	普通植	94	57	8	14.0	1	1.7	233	5.5	2.2	17.1
平均或合計	密植	92	440	77	17.4	25	5.7	233	3.2	1.85	18.3
	普通植	95	485	74	15.2	25	5.1	238	6.3	2.04	18.1
差異(密植—普通植)		− 3	− 45	+ 3	+ 2.2		+ 0.6	− 5	− 3.1	− 0.19	+ 0.2
t 值		2.393*	1.003		0.635		0.411	0.409	7.75**	2.054	0.333

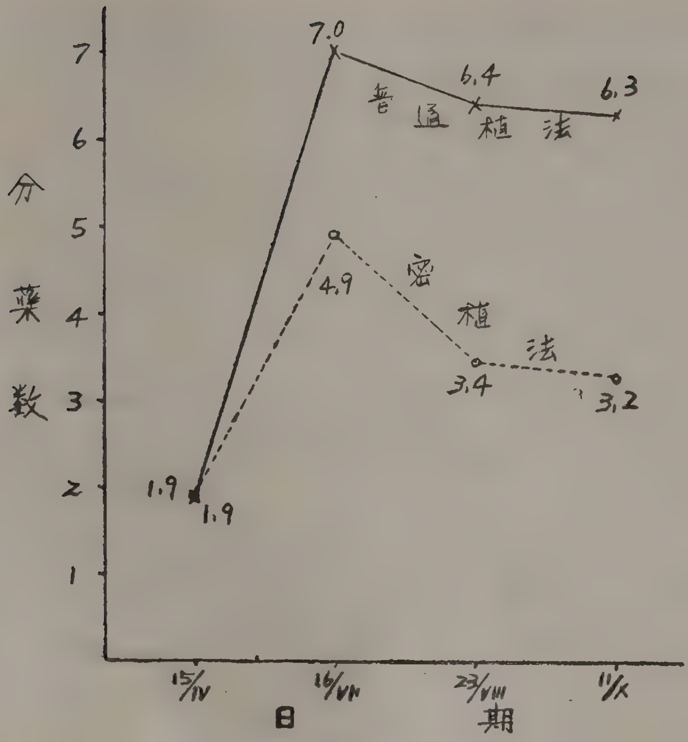
$P=5\%$ $t=2.145$ $P=1\%$ $t=2.977$

全生長期各組合平均生長曲線及分蘗消長示如圖六及圖七：



圖六、66年期分株實生苗生長曲線（平均）

觀表七、知成活率以普通植法顯著高於密植法，不過至選種期最後生存株數雖仍以普通植法略高，但已不顯著。入選率以密植法略高於普通植法，其中在普通植法及密植法均獲入選之同一個體實生苗達 25株之多，對最後生存株數而言，各佔 5.1%（普通植法）及 5.7%（密植法）之入選率，均未達差異顯著平準。就選種時之生長情形而言，除莖數差異達 1 %平準外，其餘莖徑等均不顯著。再觀全生長期中生長曲線（圖六）及分蘗消長（圖七），則從定植至選種，密植法與普通植法之生長情形幾乎相等，但分蘗情形則普通植法者雖於定植時之分蘗數相同，以後則維持大約兩倍於密植法之分蘗數，直到選種時止。



圖七、66年期分株實生苗分蘖消長（平均）

四、討論及結論

本省甘蔗實生苗定植株數近年來增加甚多，以育種系屏東育種場而言，每年均超過三十萬株，最多時曾定植六十餘萬株。此一龐大數量之實生苗若全採用單株普通植法，勢必增加甚多土地及栽培人工之經費支出。叢植法當爲解決此項問題之方法，但其評價尚無定論。

據 Anzalone 等氏（1965）報告[1]，實生苗以單株植（Single），條植（Drill）及叢植（Bunch）三方法種植選拔結果顯示單株植入選率最高（0.36%），條植次之（0.13%），叢植最劣（0.00%）。

楊宗錫氏（1962）[6]在台南用栽培種試驗叢植法對產量之影響，發現叢植時品種間有顯明之競爭關係存在。

莊培彥氏（1962，1964，1965）[3][4][5] 比較叢植法與原行密植法（按則條植法）之得失，以原行密植法較叢植法可獲得較多原料莖數，此乃最後存活株數增加所致。以原行密植法取代叢植法似更能增加選種之效果。

日本九州農業試驗場温暖地作物研究室（1967）[2] 用栽培品種檢討叢植法之選拔，因叢植時

改變品種的生態型及減少分蘖數，須以一莖爲選拔對象，故優良特性的判別非常困難，易被誤認而誤選。

綜合上述四氏試驗結果，均表示叢植法尙有其缺點。雖其單位面積容納實生苗量可較其他單株植法爲多，但此一優點並不能抵消其他缺點，其理至明。

本試驗自1963年開始，首先以寬行多排密植法與原行雙排密植法及單排普通植法比較，結果證明（表一至表三）八種定植法間除莖數外其他各生長特性均無顯著差異，而莖數則以普通植法（D）最優，25×20 cm 原行雙排密植法（F）次之，25×25 cm 原行雙排密植法（E）又次之，而以叢植法（H）爲最劣。且經實際行數算出寬行四排密植與原行雙排密植之單位面積容納實生苗量相同（每公頃54,000株），爲普通植法之三倍，而各生長特性則後者優於前者，並且顯著優於叢植法，栽培操作亦與習用者無別。因此 1964 至 1966 三年之試驗則着重於原行雙排密植法與單排普通植法之比較。

分株寬行六排密植之實生苗，雖定植時各特性表現與普通植法者相差無幾，但至選種時兩種定植法之間已有顯著差異（表五）。即密植者莖高極顯著優於普通植者，而莖數與莖徑則密植者極顯著劣於普通植者。顯係受不同環境之影響有以致之。即密植者受空間限制專往上長而減低橫（則莖數與莖徑）的增加，顯示個體間有生長競爭存在。此一趨勢在原行雙排密植時（表六）則大爲緩和，僅莖數仍受空間限制不易增加，差異達極顯著程度外，莖徑差異減至 P＝5％平準內，莖高差異則減至最小範圍。此則因雙排密植法一切環境已接近單排普通植法，祇因株間尙爲狹小，以致使分蘖數無法增加。蓋因甘蔗適應環境之變化，似多以調節分蘖數來應付，次爲莖徑大小之變化，而莖高變化則較小。經 66年擴大範圍，增加雜交組合及定植實生苗株數試驗（表七）仍得同樣結果，對原行雙排密植法益增信心。

觀表二、表五、表六及表七皆示莖數在密植時顯著減少，莖徑亦較普通植爲小，因此選拔時對密植法之莖數及莖徑似宜放寬標準，庶無漏選之憾。

次由成活率及最後生存率觀之（表七），定植後成活率以普通植法顯著優於密植法，但至最後生存株數雖仍以普通植法略優，然並未達顯著程度。65年期未分株實生苗之試驗（表四）結果亦得同樣趨勢。亦即表示至選種時生存株數，兩種植法之間已無多大差異，選種時無妨根據現有植株予以選拔。

再以入選率而論，由試驗Ⅱ（表四）結果，各組合平均密植法得 3.0％之入選率而普通植法則得 3.4％之入選率，普通植法稍優於密植法，但差異甚微。再觀試驗ⅢC（表七）結果，密植法之入選率爲 17.4％而普通植法爲 15.2％，密植法稍優於普通植法，其中在兩種定植法均獲入選之同一個體實生苗達25株之多，對最後生存株數而言各佔 5.1％（普通植）及 5.7％（密植）之入選率，均未達顯著程度。此顯示兩種定植法之間，並無懸殊之入選率，亦即表示密植法仍有極其正常之選拔效果。

如以單位面積容納實生苗量而論，雙排密植法雖僅爲普通植法之三倍，不如叢植法之多，但每株實生植株均可分別判定，選種時可就株而選，不若叢植之僅能單莖選拔，供應苗量較多，當可加速育種年限，亦爲本密植法之一優點。

綜合本研究各試驗結果，顯示實生苗定植法仍以單排單株普通植法爲最理想之方法。唯如因雜交穗數多而萌芽良好，以致所得實生苗數超過目標而預定定植土地面積及經費均有限時，原行雙排密植法，殊有採行之價值。又如欲育成多量實生苗而不願增加栽培經費及土地面積，當可利用本密植法以達成目的。目前公司當局亟欲增加育成實生苗數到七十萬株以上，而經費及土地均無法比例增加，本密植法實值得考慮採用。育種系屏東育種場自1963年以來開始部份採用單株密植法，效果良好。

誌謝：本研究田間調查及育苗工作由陳登讚及徐名村兩位先生協助，研究進行中多蒙育種場李主任松之贊助與指導，文稿並蒙石副所長守釗，李主任松賜予校閱斧正，作者僅此一併致謝。

五、參 考 文 獻

1. Anzalone, L.Ir; M, Giamalva and S.J.P. Chilton (1965). Selecting New Sugar Cane Varieties, Sugar Journal. Apr. 1965, P.P.25。
2. 九州農業試驗場溫暖地作物研究室 (1967). 育種の為の基礎調査，(3) 實生選拔に於る束植法の檢討に就て。昭和 42度該場試驗成績書： 84～108。
3. 莊培彥 (1962). 甘蔗實生苗叢植法試驗，第一報，實生苗叢植法對選出生勢旺盛優良系統之效果。台灣糖業試驗所研究彙報 27： 15～27。
4. 莊培彥 (1964). 甘蔗實生苗叢植法試驗，第二報，實生苗生長競爭力强盛系統與選種效果。台灣糖業試驗所研究彙報 34： 19～29。
5. 莊培彥、吳耀榮 (1965). 甘蔗實生苗叢植法與密植法試驗，台灣糖業試驗所研究彙報 37：1～12。
6. 楊宗錫 (1962). 甘蔗品種叢植法對其產量之影響及在育種上之價值。台灣糖業試驗所研究彙報 27：1～14。

高地下水位蔗區後期灌溉與甘蔗成熟控制方法之研究
(一) F 146 品種後期灌溉與收穫期之關係[1]

謝珍彩　　陳榮賢[2]

摘　　要

1. 秋植 F 146 品種，在肥沃之砂壤土，於第二旱季灌溉，對甘蔗生育仍有裨益，灌溉次數多時，土壤含水量高，蔗莖伸長亦多，尤以 10—11 月灌溉者爲然。

2. 葉鞘水份含量之變化，似受季節或蔗齡之影響較大，即蔗齡愈大，水份含量愈少，至灌溉次數愈多，葉鞘水份含量雖亦多，但處理間差異不顯著。

3. 葉鞘水份含量與甘蔗可製糖率之上昇，成相反之趨勢，於 1 月中旬，甘蔗可製糖率急激上昇時，葉鞘水份含量在 73—74 %左右，故其結果與夏威夷及印度等地相同，即該時甘蔗已達成熟期，可以開始收穫。

4. 在雨季末期不久，即連續灌溉，使土壤水份含量長期維持在 50 %以上，如在 2 月 1 日收穫，對該晚熟品種 F146 之糖份稍有影響，如在 4 月 1 日收穫，其影響則極輕微。

5. 後期灌溉雖可略爲提高甘蔗之產量，但灌溉次數過多時，對糖份頗有影響，故不論 2 月抑或 4 月收穫之甘蔗，以收穫前，毋須多量之灌溉，祇須能維持土壤水份在20%以內爲最佳，產糖量雖未達顯著差異平準，但可增產 4—7 %。故利用灌溉控制法，可以節省灌溉次數，甘蔗品質亦因之而改善，此在晚熟豐產之 F146 品種，尤屬需要。

一、引　　言

近年來優良新品種輩出，單位產量亦逐漸提高，考其原因，除品種更新外，則在於肥料量之增加及灌溉之日漸普及。

F 146 爲一耐肥需水之品種，多施肥料及多灌溉均可提高產量，因此自其推廣後，蔗農常在蔗園兩旁開掘水井，或從溪河引水盡量灌溉，以便達到高產量之目的，此種灌溉方法在幼蔗期及發育盛期行之，自可促進生育，但於收穫前對此晚熟品種仍盡量灌溉，是否仍可裨益產量？堪值研究。

台糖公司 56/57 年期原料收穫，單位產蔗量均普遍提高，而產糖率則較往年爲低，除氣候因

---

(1) 台灣糖業試驗所審定發表論文第R2—138號。

(2) 本所新營實驗場十一等、九等農藝技術師。

(3) 本文於59年11月30日收到。

(4) 本研究曾獲國家科學委員會之補助。

子可能影響糖份之高低外，品種之變更，施肥與灌溉亦可能為原因之一。以後期灌溉而言，晚熟品種 F146 ，初期生育緩慢，進入五、六月後，才伸長迅速，於雨季末期之十月間，仍有緩慢之生育，該時糖份含量低，亦即未屆成熟期，如有充分之灌溉，仍可促進生長，因此為使該晚熟品種能適時停止生育，其產蔗量與產糖量均能獲致最高，對甘蔗成熟控制方法之研究，自屬必要。

本文係研究 F146 品種後期灌溉與收穫期之關係，而後期灌溉與氮肥施用量之關係亦在進行中，茲將前者二年期之研究結果報告如下：

二、試 驗 方 法

本試驗開始於民國五十四年九月，迄五十七年四月，已完成 55/56 ， 56/57 兩年期試驗，兩年期之田間處理及調查方法等均相同。

㈠處理方法

1.供試甘蔗品種 F 146

2.收穫期（分二組）

A、2月1日　　B、4月1日

3.灌溉方法（每次以溝底灌溉深 3寸為度）

(1)收穫前四個月起，每隔 15天灌一次，共六次（收穫前一個半月停止）。

(2)收穫前四個月起，每隔 1 月灌一次，共四次（收穫前一個月停止）。

(3)收穫前四個月起，每隔 1 月半灌一次，共二次（收穫前二個半月停止）。

(4)收穫前三個月灌一次，共一次，（收穫前三個月停止）。

(5)不灌溉（CK）

附註：

(1)田間試驗對光照、氣溫、雨量等之控制不易，為其缺點，一般田間試驗於處理前後偶有降雨，在所不免。本試驗為顧及累年之試驗結果，以利統計比較起見，各處理係按照計劃日期進行灌溉，以探求甘蔗成熟期所需田間土壤濕度，惟幸生長後期適為乾季，雨量不多，影響不大。

(2)為顧及田間地下水位高低，對甘蔗生育後期實際之影響，本試驗仍設置於田間，以與實際環境相符。

4.田間規劃

供試驗地點為前麻佳蔗作改良場北區農場之砂壤土，種植日期 55/56 年期為 54年 9月 5日，56/57 年期為 55年 8月21日。收穫期分為A（2月1日），B（4月1日）二組，兩組相鄰，每組之灌溉處理方法相同，但時間則異，A組灌溉時間開始於植後翌年 10月 1日，B組開始於翌年 12月 1 日。行長 10公尺，行距 1.25公尺，小區 10行，5×5拉丁方排列。兩年期均曾培土，培土高度為25公分。

㈡調查方法

本試驗係着重於後期灌溉之效果，故幼蔗期間，肥培等管理均與一般蔗園相同，植後翌年10月開始，每次在灌溉處理前一天，利用石膏塊先行測定各小區之土壤水份含量，並採樣分析糖份，測定葉鞘水份含量，計每隔15天一次，每組每年期各九次，以作甘蔗成熟控制方法之研判。

又各小區係以中央四行作為生育及產量調查，兩旁第2—3，8—9行作為葉鞘取樣及糖份分析

之對象，每次於每一重複每一小區分別隨機選取生育中庸之不開花莖三支，截取其+1葉之全部葉鞘作爲水分測定之依據，於清晨7—9時在田間取樣後，立即秤量，再攜回室內烘乾，以測定其水分含量，糖份分析則每小區另選取五莖作爲分析。

三、試 驗 結 果

1.土壤含水量之測定

土壤水份測定方法，當雨季末期之九月間，先將糖業試驗所代製之焦石膏塊，埋於每小區之中央行側，離植溝中央20公分及地面深25公分處，其後在10月1日開始，定期每半月，亦即試驗處理(灌溉)前測定土壤水份一次，直至收穫完畢爲止。茲將55/56、56/57兩年期之灌溉日期，水份測定調査及雨量記錄結果，列如下表：（自10至2月，該地區之地下水位爲 1.0—1.40公尺）

表一、55/56、56/57兩年期田間灌溉日期

處理別 \ 灌溉日期	Oct. 1 1966 (1967)	Oct. 16	Nov. 1	Nov. 16	Dec. 1	Dec. 16	Jan. 1 1967 (1968)	Jan. 16	Feb. 1	Feb. 16	Mar. 1
A(1)灌水六次	V	V	V	V	V	V					
A(2)灌水四次	V		V		V		V				
A(3)灌水二次	V			V							
A(4)灌水一次			V								
A(5)不灌(CK)											
B(1)灌水六次					V	V	V	V	V	V	
B(2)灌水四次					V		V		V		V
B(3)灌水二次					V			V			
B(4)灌水一次							V				
B(5)不灌(CK)											

表二、土 壤 水 份 記 錄

A、2月1日收穫組

ⓐ 55/56 年期

處理 \ 日期	30/9	15/10	31/10	15/11	30/11	16/12	30/12	15/1
(1)後期灌水六次	67.3	59.6	57.7	63.0	78.7	63.7	63.3	50.7
(2) 〃 〃 四次	66.6	59.3	34.0	60.0	55.0	64.7	58.7	60.3
(3) 〃 〃 二次	71.0	54.6	23.3	23.0	59.7	55.0	41.0	25.0
(4) 〃 〃 一次	73.3	40.6	25.3	58.0	56.3	60.0	52.5	35.0
(5) 〃 〃 〇次	70.3	33.0	16.3	16.0	20.3	20.0	18.0	15.0
降雨量 (mm)		0	0	0	21.3	0	0	2.0

ⓑ 56/57 年期

處理 ＼ 日期	1/10	16/10	31/10	14/11	1/12	16/12	31/12	15/1	1/2
(1)後期灌水六次	61.3	60.7	62.0	62.0	60.0	45.0	59.3	58.3	56.0
(2) 〃 〃 四次	55.7	54.7	32.7	57.3	42.3	33.0	44.7	60.0	35.0
(3) 〃 〃 二次	59.7	56.0	37.7	36.0	51.7	35.3	25.0	21.0	20.0
(4) 〃 〃 一次	59.5	51.5	40.0	58.0	41.7	53.5	37.5	24.0	23.0
(5) 〃 〃 〇次	55.0	23.0	15.0	22.3	20.0	35.7	20.0	19.0	14.3
降雨量（mm）		0	3.5	12.0	0	0	0	0	8.5

B、4月1日收穫組

ⓐ 55/56 年期

處理 ＼ 日期	30/9	15/10	31/10	15/11	30/11	16/12	30/12	15/1	30/1	15/2	15/3	1/4
(1)後期灌水六次	69.0	27.0	17.3	16.0	20.7	66.0	69.0	65.0	60.0	69.0	72.0	
(2) 〃 〃 四次	67.3	10.3	15.0	15.0	20.0	64.0	58.3	62.7	59.0	68.0	50.0	
(3) 〃 〃 二次	75.0	49.0	26.7	19.0	26.0	64.7	61.3	53.3	60.0	62.5	48.5	
(4) 〃 〃 一次	69.5	35.6	22.0	17.0	25.7	27.3	26.5	59.7	59.0	69.0	48.0	
(5) 〃 〃 〇次	66.5	34.3	20.0	16.5	20.0	21.0	22.0	20.0	18.0	16.0	14.0	
降雨量（mm）		0	0	0	21.3	0	0	2.0	0	7.4	0	10.9

ⓑ 56/57 年期

處理 ＼ 日期	1/10	16/10	31/10	14/11	1/12	16/12	31/12	15/1	1/2	16/2	14/3	1/4
(1)後期灌水六次	65.0	55.0	37.0	28.0	24.0	49.0	52.3	58.3	62.7	55.3	72.7	79.0
(2) 〃 〃 四次	73.0	65.3	44.7	36.7	23.5	40.7	42.3	66.3	62.7	54.7	74.5	81.0
(3) 〃 〃 二次	71.7	66.7	54.0	51.0	26.3	44.0	64.0	64.0	69.5	47.3	76.0	85.0
(4) 〃 〃 一次	63.5	49.0	36.5	36.0	25.0	33.3	30.0	61.0	61.0	46.7	72.0	80.5
(5) 〃 〃 〇次	62.0	54.7	42.3	35.3	22.5	24.0	25.0	40.0	42.0	53.3	63.3	76.0
降雨量（mm）		0	3.5	12.0	0	0	0	0	8.5	73.2	50.7	176.5

根據表一與表二之結果，顯示每於灌溉後半月，測定土壤水份時，灌溉區之含水量偏高，而不灌溉之對照區，水份含量則偏低，不論不同年期或不同灌溉組均屬如此。又就降雨量而言，55/56年期在後期灌溉處理期間共降雨量 23.3mm（A組）及 41.6mm（B組），56/57 年期為 24.0mm（A組）及 324.4mm（B組）。56/57年期B組因 2—3月間曾降雨多達 300mm，其中雨量大部份下降在 3月下旬，該時離收穫期頗近，其對後期土壤水份含量之提高，頗有影響，惟此種影響，僅限於葉鞘水份，因 2—3 月間，甘蔗已屆成熟，蔗莖伸長生育有限，甚或已停止生長，從下面表三、表四及表五兩年期四組試驗結果，各處理間產量差異，相趨一致，可資證明。

2.土壤含水量與甘蔗之生育

甘蔗生育之調查，A組自植後翌年10月（蔗齡屆13個月）起，每半個月調查蔗高一次直至2月1日收穫爲止，B組自12月（蔗齡屆15個月）起，亦每半月調查蔗高一次，但因後期甘蔗倒伏或開花之關係，B組亦僅調查至2月1日爲止。不論灌溉時期如何，灌溉對甘蔗生育頗有裨益，灌溉次數多時土壤含水量高，蔗莖伸長亦多，尤以 10—11月間之灌溉效果最佳， 12月以後之灌溉雖亦有效果，但此時爲晚熟品種 F146 漸入成熟階段，雖有多量之灌溉，生育仍緩慢，甚或趨於停止狀態。根據表三之結果，自10月起灌溉，翌年2月1日收穫共四個月，其間灌溉六次、四次、二次、一次及○次之甘蔗生育量順次爲 47.3（指數 118），48.1（120），45.5（114），42.7（107）及40.0（100）公分；自12月起灌溉，至翌年2月1日，共二個月，灌溉六次、四次、二次、一次及○次之生育量，順次爲 9.0（指數 148），8.0（131），9.5（156），7.4（121）及6.1（100）公分。

表三：土壤含水量與甘蔗生育之關係（55/56，56/57兩年期平均）

A、2月1日收穫組

處理	A(1)後期灌水六次			A(2)後期灌水四次			A(3)後期灌水二次			A(4)後期灌水一次			A(5)不灌水(CK)		
日期＼項目	含水量%	半月生長量(cm)	累生長量(cm)	含水量%	半月生長量(cm)	累生長量(cm)	含水量%	半月生長量(cm)	累生長量(cm)	含水量%	半月生長量(cm)	累生長量(cm)	含水量%	半月生長量(cm)	累生長量(cm)
Oct. 15	60.3	10.2	10.2	57.0	11.4	11.4	55.3	9.7	9.7	46.1	7.3	7.3	28.0	6.9	6.9
Nov. 1	59.9	12.8	23.0	33.4	6.1	17.5	31.0	10.0	19.7	32.7	11.2	18.5	15.7	12.1	19.0
Nov. 15	62.5	10.2	33.2	58.7	14.1	31.6	29.5	9.6	29.3	58.0	13.3	31.8	19.2	8.2	27.2
Dec. 1	69.4	6.5	39.7	48.7	5.7	37.3	55.7	8.8	38.1	49.0	5.2	37.0	20.0	5.5	32.7
Dec. 15	54.4	1.0	40.7	48.9	3.4	40.7	45.2	3.5	41.6	56.8	2.4	39.4	27.9	1.9	34.6
Jan. 1	61.3	1.6	42.3	51.7	2.3	43.0	33.0	1.0	42.6	45.0	0.9	40.3	19.0	2.3	36.9
Jan. 15	54.5	3.1	45.4	60.2	3.4	46.4	23.0	2.1	44.7	30.0	1.0	41.9	17.0	2.0	38.9
Feb. 1	56.0	1.9	47.3	35.0	1.7	48.1	20.0	0.8	45.5	23.0	0.8	42.7	14.3	1.1	40.0
指數			118			120			114			107			100

B、4月1日收穫組

處理	B(1)後期灌水六次			B(2)後期灌水四次			B(3)後期灌水二次			B(4)後期灌水一次			B(5)不灌水(CK)		
日期＼項目	含水量%	半月生長量(cm)	累生長量(cm)	含水量%	半月生長量(cm)	累生長量(cm)	含水量%	半月生長量(cm)	累生長量(cm)	含水量%	半月生長量(cm)	累生長量(cm)	含水量%	半月生長量(cm)	累生長量(Cm)
Dec. 15	57.5	2.7	2.7	52.4	2.8	2.8	54.4	2.8	2.8	30.3	1.8	1.8	22.5	1.3	1.3
Jan. 1	60.7	1.9	4.6	50.3	0.9	3.7	62.7	1.2	4.0	28.3	1.6	3.4	23.5	1.2	2.5
Jan. 15	61.7	2.4	7.0	64.5	3.2	6.9	58.7	4.6	8.6	60.4	2.5	5.9	30.0	2.6	5.1
Feb. 1	61.4	2.0	9.0	60.5	1.1	8.0	64.8	0.9	9.5	60.0	1.5	7.4	30.0	1.0	6.1
指數			148			131			156			121			100

3. 葉鞘水份含量與甘蔗可製糖率之關係

土壤水份含量豐富時，作物水份吸收也多，葉鞘水份含量隨之提高，但對甘蔗成熟期糖份是否有影響，此爲一般蔗作者關注之事，玆將表四之結果歸納如下：

葉鞘水份：葉鞘水份之變化，雖因土壤含水量不同而有影響，但其似受蔗齡及季節之影響較大，不論自10月份或12月份起灌溉，其葉鞘含水量自1月初旬起均已降低至75%以下，2月初旬以後降低至73%左右，而灌溉處理間葉鞘含水量雖亦有差異，但差異不大，其中仍以灌溉次數多者土壤及葉鞘水份含量略高；2—3月間因有降雨之影響，尤以56/57年期，在該期間曾降雨達300mm左右，各處理因同獲充沛之雨量，葉鞘水份含量激增，而致該期間葉鞘水份含量起伏不定，但對甘蔗之成熟影響似不大。

甘蔗糖份：F146甘蔗爲一晚熟品種，自1月中旬起，甘蔗可製糖率迅速提高，惟在該期間如獲充沛之灌溉，或葉鞘含水量高時，則可將成熟期阻延，換言之，不論自10月份起或自12月份起灌溉，對糖份之提高，均有妨碍作用。根據表二與表四之結果，自10月起至2月1日止或自12月份起至4月1日止，灌溉六、四、二、一次與不灌溉區比較，其可製糖率平均降低，前者順次爲6、5、3及1%，後者爲3、2、1及0%。換言之，自10月起灌溉，對甘蔗糖份之影響，似較自12月起灌溉爲大，灌溉次數愈多，土壤水份含量常保持在50%以上時，對糖份頗有影響，因此爲促進甘蔗之成熟，在收穫前要維持土壤水份在20%以內，對糖份之累積，才爲有利。

表四：葉鞘水份含量與甘蔗可製糖率之關係（55/56、56/57兩年期平均）

A、2月1日收穫組

處理 / 項目 / 日期	A(1) 後期灌六次		A(2) 後期灌四次		A(3) 後期灌二次		A(4) 後期灌一次		A(5) 不灌（CK）	
	葉鞘水份%	甘蔗可製糖率	葉鞘水份%	甘蔗可製糖率	葉鞘水份%	甘蔗可製糖率	葉鞘水份%	甘蔗可製糖率	葉鞘水份%	甘蔗可製糖率
Oct. 1	80.97	5.51	80.26	6.49	80.50	5.76	80.33	5.94	80.50	6.37
Oct. 15	80.22	7.56	80.85	7.21	80.79	7.48	79.73	7.88	80.39	7.50
Nov. 1	79.93	7.78	80.10	8.37	79.45	7.91	78.50	7.90	79.36	8.51
Nov. 15	77.73	8.81	78.42	8.89	77.87	9.56	78.12	9.53	77.74	9.45
Dec. 1	75.32	9.90	75.73	9.45	76.60	9.91	76.05	10.55	75.99	10.57
Dec. 15	75.92	11.01	76.03	11.56	76.48	12.04	75.19	11.64	75.06	11.67
Jan. 1	74.53	11.12	74.37	11.41	73.71	11.38	74.43	12.48	74.72	12.14
Jam 15	74.09	12.31	72.52	11.98	72.60	12.98	74.31	12.57	72.78	13.23
Feb. 1	73.36	12.89	73.18	13.21	72.91	13.13	72.47	13.43	73.31	13.40
平均	76.89	9.65	76.83	9.84	76.73	10.02	76.57	10.21	76.65	10.32
指數		94		95		97		99		100

B 4月1日收穫組

處理 項目 日期	B(1)後期灌六次		B(2)後期灌四次		B(3)後期灌二次		B(4)後期灌一次		B(5)不灌(CK)	
	葉鞘水份%	甘蔗可製糖率	葉鞘水份%	甘蔗可製糖率	葉鞘水份%	甘蔗可製糖率	葉鞘水份%	甘蔗可製糖率	葉鞘水份%	甘蔗可製糖率
Dec. 1	76.71	9.91	76.73	10.04	76.02	10.38	76.20	10.25	75.99	10.23
Dec. 15	76.24	11.32	77.71	11.75	77.58	11.59	75.70	11.90	75.99	12.00
Jan. 1	76.75	12.09	73.62	12.15	74.93	12.25	74.68	12.08	73.77	12.68
Jan. 15	72.81	12.36	73.25	12.80	72.48	12.90	73.15	13.32	72.39	13.04
Feb. 1	72.28	12.62	71.53	12.74	74.12	13.03	72.03	13.32	72.20	12.90
Feb. 15	71.02	13.76	71.58	13.62	72.37	13.43	70.94	14.17	71.58	13.82
Mar. 1	73.08	13.67	72.35	13.93	72.86	14.10	71.90	14.24	72.71	13.97
Mar. 15	70.71	13.97	69.77	14.27	70.45	14.30	70.04	14.37	69.57	14.50
Apr. 1	74.51	14.56	74.39	14.88	73.38	14.89	73.89	14.86	72.25	14.86
年均	73.79	12.70	73.44	12.91	73.80	12.99	73.17	13.17	72.94	13.11
指數		97		98		99		100		100

至灌溉（X_2），葉鞘水份（X_3）與甘蔗可製糖率（X_1）之關係，經廻歸分析結果，10月開始灌溉，12月1日收穫以及12月開始灌溉，4月1日收穫等二組廻歸方程式各別如下：

A、自10月起灌溉，至2月1日收穫：

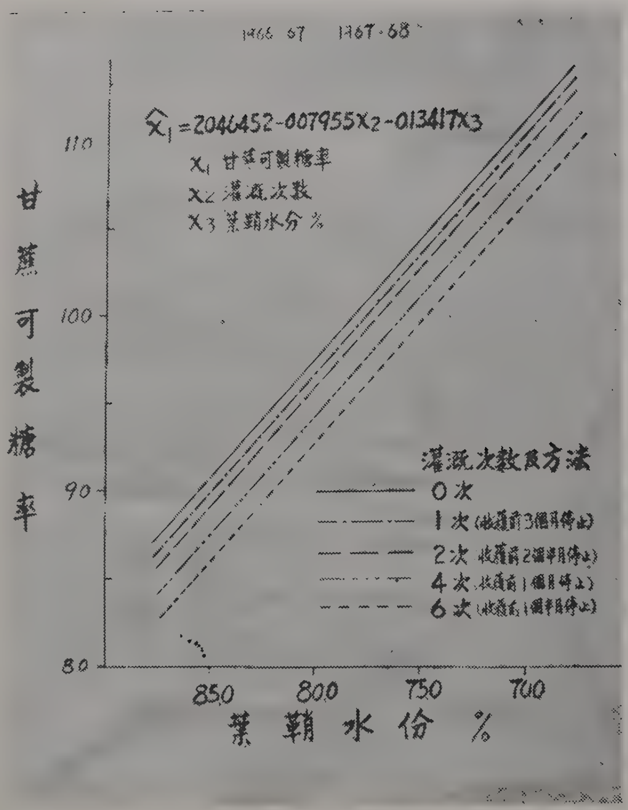
$$\hat{X}_1=20.46452-0.07955X_2-0.13417X_3$$

B、自12月起灌溉，至4月1日收穫：

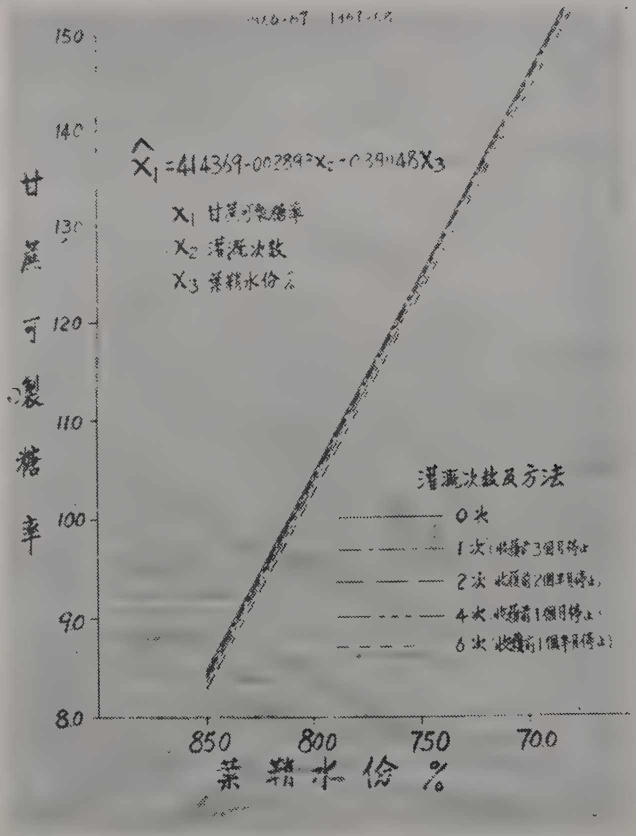
$$\hat{X}_1=41.64369-0.02893X_2-0.39048X_3$$

由上列兩組方程式可以看出，不論何時開始灌溉，其灌溉次數及葉鞘水份含量與甘蔗可製糖率之關係，均呈負相關，前者未達顯著差異，後者到達顯著差異平準。

茲將上列二組試驗之灌溉次數，葉鞘水份與理論可製糖率之關係分別作圖於下，以供參考。



圖一、後期灌溉（10—1月），於2月1日收穫，葉鞘水份含量與糖份之關係



圖二、後期灌溉（12—3月），於4月1日收穫，葉鞘水份含量與糖份之關係

4.灌溉與產量之關係

1 產蔗量與產糖量

根據表五之結果，不論後期灌溉次數如何，對產量均略有提高之趨勢，惟均未達差異顯著程度。

於10月開始灌溉，2月1日收穫，產蔗量以灌溉6次爲最佳，可增產5％，其他灌溉處理增產2％，但糖份受灌溉之影響而低下，單位產糖量，則以後期灌溉一次爲最佳，可增產4％，其他灌溉處理增產2—1％。

於12月開始灌溉，4月1日收穫，產蔗量以灌溉1次爲最佳，增產7％，其他處理增產3—2％；產糖量亦因受灌溉之影響而使糖份下降，但產糖量仍以灌溉1次爲最佳，增產糖量7％，其他灌溉處理較不灌區增產約1—2％。

綜合上述，可知後期灌溉雖有促進蔗量增加之效，但亦有降低糖份之影響，欲求單位之最高產糖量，灌溉次數不宜過多，以免土壤含水量過多，對甘蔗成熟有妨礙作用。

表五、產量調查

A、2月1日收穫

處理別	產蔗量 (Ton/Ha)				產糖量 (Ton/Ha)			
	55/56年期	56/57年期	平均	指數	55/56年期	56/57年期	平均	指數
(1)後期灌水六次	173.40	184.00	178.70	105	22.49	23.55	23.02	102
(2) 〃 〃 四次	163.85	184.53	174.19	102	21.45	24.58	23.02	102
(3) 〃 〃 二次	170.50	176.73	173.62	102	22.47	23.10	22.79	101
(4) 〃 〃 一次	171.25	176.27	173.76	102	22.49	24.20	23.35	104
(5) 〃 〃 ○次(ck)	168.00	173.73	170.87	100	22.08	22.91	22.50	100
L. S. D. 5% 1%	不顯著	不顯著	不顯著		不顯著	不顯著	不顯著	

B、4月1日收穫

處理別	產蔗量 (Ton/Ha)				產糖量 (Ton/Ha)			
	55/56年期	56/57年期	平均	指數	55/56年期	56/57年期	平均	指數
(1)後期灌水六次	161.30	187.07	174.19	103	23.58	27.11	25.35	101
(2) 〃 〃 四次	155.45	189.60	172.53	102	23.64	27.59	25.62	102
(3) 〃 〃 二次	153.90	179.47	166.69	98	22.92	26.72	24.82	99
(4) 〃 〃 一次	165.50	197.73	181.62	107	25.04	28.83	26.94	107
(5) 〃 〃 ○次(ck)	154.20	185.27	169.74	100	23.22	27.14	25.18	100
L. S. D. 5% 1%	不顯著	不顯著	不顯著		不顯著	不顯著	不顯著	

(2)原料莖數，枯死莖等之調查

F 146 爲一枯死莖數少之品種，本試驗於收穫時各處理間之原料莖數與枯死莖數率相差不遠，兩組試驗之情况相同。因 F 146 爲一不易倒伏，原料莖數多之品種，於生育後期，亦即乾季開始前，其原料莖數目與莖徑之粗細已形成，後期灌溉對其影響不大，從上面表三及下面表六於收穫時，僅顯示灌溉處理對莖長確有些微增加之效果。

表六、原料莖數，枯死莖等調查

A、2月1日收穫（55/56、56/57兩年期平均）

處理別	原料莖數（公頃）	枯死莖 %	莖長（m）	莖徑（cm）
(1)後期灌水六次	89,059	6.94	3.56	2.61
(2) 〃 〃 四次	86,117	7.00	3.61	2.60
(3) 〃 〃 二次	87,359	7.47	3.59	2.64
(4) 〃 〃 一次	87,925	7.55	.51	2.58
(5)不灌（ck）	89,559	6.88	3.52	2.60

B、4月1日收穫（55/56、56/57兩年期平均）

處理別	原料莖數（公頃）	枯死莖 %	莖長（m）	莖徑（cm）
(1)後期灌水六次	85,767	8.68	3.61	2.56
(2) 〃 〃 四次	83,259	8.45	3.64	2.58
(3) 〃 〃 二次	86,442	9.25	3.61	2.55
(4) 〃 〃 一次	78,775	6.84	3.61	2.58
(5)不灌（ck）	84,400	8.72	3.53	2.55

四、討論與結論

自 F 146 品種於民國49年推廣後，單位產蔗量日漸提高，尤其是麻佳地區，高產量蔗園比比皆是，此除品種本身之關係外，灌溉與施肥量之增加亦爲主要之原因。F 146 爲一晚熟品種，秋植蔗要在一月中旬以後，糖份才迅速提高，亦即在該時才屆成熟期[5]，如在成熟前多量灌溉，是否可影響於蔗莖產量與糖份，在收穫前何時應停止灌溉，凡此種種能影響甘蔗成熟之人爲因素，堪值吾人之注意。

據張玉鑽（1964）氏之報告[3]，台南秋植甘蔗在3—9月生育盛期爲需要灌溉之時期，其次爲生育後期之10月至收穫前1.5個月，生育初期10月至翌年2月的小甘蔗灌溉之需要性最少，換言

之，灌漑在不同季節有其不同之效果，而品種間需肥耐水的反應亦未盡一致。林汝見氏（1966）之研究[1]，認為一期糊仔甘蔗成熟期中，如經常供應水份，保持70%土壤含水量，則甘蔗繼續生長，成熟作用受阻。本研究，F 146 在第二旱季灌漑，不論灌漑時期如何，對甘蔗生育仍有裨益，灌漑次數多時，土壤含水量恆在50%以上，蔗莖伸長亦多，尤以於10—11月較12月以後之灌漑為然，由是可知在肥沃之砂壤土，於第二旱季舉行不同次數之灌漑時，對 F 146 之生育仍有不同之影響。

土壤水份含量過多或過少，亦為左右甘蔗糖份之重要因子，因低溫乾燥對甘蔗成熟有利，但低溫季節，土壤水份過多時，乃可使甘蔗延緩成熟，據孫逢吉，劉步達（1952）氏等之研究[2]，土壤濕度維持飽和容水量 55—64 %，可製糖率較高，其低於 55—64 %者，則普遍降低，中村暎（1938）氏[6]謂土壤含水量高時，錘度與糖份均低，含水份少時，錘度高而純糖率低，甘蔗成熟前5—6個月時，土壤含水量相當於容水量40—46%時，成熟早而製糖率正常，若此時含水量增至容水量50—60%，或低至容水量20—30%，則成熟遲，糖率必低。此種容水量之高低或許與土壤種類有關，但由是可知土壤水份過少或過多，對甘蔗糖份之高低頗有關係。

葉鞘水份之變化雖因土壤含水量不同而異，但其影響以受季節或蔗齡之影響較大，不論其灌漑期如何，葉鞘含水量自 1 月初旬起均已降至75%以下，2 月初旬以後降至73%左右，在該肥沃之砂壤土中，仍以灌漑次數多者或土壤含水量高者，葉鞘水份含量亦隨之增加，惟處理間差異不大；葉鞘水份含量與甘蔗可製糖率之上昇則成相反之趨勢，於 1 月中旬，F146 之甘蔗可製糖率急激上昇時，其葉鞘水份含量約在 73—74 %左右，故其結果，與夏威夷 Clements（1959）及印度 Ranganathan 氏等（1959，1960及1962）[7] 相符，即該時可開始收穫。自10月份起或自12月份至收穫前 1 個月止，灌漑次數愈多，土壤水份含量長期維持在50%以上，對糖份亦愈有影響，尤以自10月份開始灌漑者，於 2 月 1 日收穫者為然，換言之，在雨季末期未久，即連續灌漑以維持土壤高濕度，於 2 月 1 日收穫，對該晚熟品種之糖份甚為不利，在 4 月 1 日收穫之甘蔗，則影響較少。

又就灌漑與產量之關係言，不論後期灌漑次數之多少，對產蔗量均略有提高之趨勢，惟增產不多，未達差異顯著平準；相反的灌漑次數愈多，對糖份不良之影響亦愈著，因此不論是2月1日或 4 月 1 日收穫，單位產糖量均以收穫前 3 個月灌漑一次者為最佳，順次增產糖量為 4 與 7 %，而其他灌漑處理僅較不灌漑區增產糖量 1—2 %，差異亦不顯著。

綜合上述，後期灌漑確有增加產蔗量之效，但亦有延緩甘蔗成熟之本能，故欲獲致較高之單位產糖量，吾人可根據葉鞘水份之含量，以及蔗齡與季節，待甘蔗完成其生育過程時，以適當之灌漑方法作為甘蔗成熟期之控制，使土壤水份含量於砂壤土在甘蔗成熟末期維持在 20 %左右，以促進糖份之累積，使品質改善，才能事半功倍，達到增產之目的。換言之，利用灌漑控制法，可以節省灌漑次數，甘蔗品質亦因之而改善，此在晚熟豐產之 F146，尤屬需要。

誌謝：本研究在試驗進行中，承本場陳正義、林天旺、陳文泉諸先生協助葉鞘取樣分析，文成後又蒙胡場長崇理、包主任敦樸斧正，謹誌謝意。

五、參考文獻

1. 林汝見 (1966) . 一期糊仔甘蔗成熟期灌溉對甘蔗成熟與生長之影響。糖試所研究彙報 42 : 79—86。

2. 孫逢吉、劉步達 (1912) . 台南秋植甘蔗 F134 需水量之研究。糖試研究彙報 8 : 15—38。

3. 張玉鑽 (1964) . 蔗作經濟灌溉方式之研究。糖試研究試驗報告 52—53 : 64—7。

4. 楊宗錫、江曉春 (1952) . 台灣秋植甘蔗需水量及實施機動灌溉之研究。台灣糖業季刊 4 (1.2) : 269—78。

5. 謝珍彩、褚家穆 (1966) . 甘蔗新品種 F 146、F148 及 Nco 310 種植期，收穫期與宿根期之研究。糖試研究彙報 40 : 93—112。

6. 台灣糖業公司 (1952) . 糖業手冊200頁。

7. V. Ranganathan, L. Mohamed Ghouse and S. Kannan (1966) . Study on Crop-log Procedure—I. Preliminary Studies on Irrigation Control Measured for Ripening The Cane。Indian Sugar, 15 (11) : 23—9。

蔗田間作對日照與地温及甘蔗生育之關係[1]

張　灝[2]

摘　　要

本研究之目的爲探討間作物對日射量與地温之影響，茲將兩年期六組試驗結果，摘要如下：

㈠甘蔗間作區所接受之純輻射量遠少於甘蔗單作區，從而影響於地温之減低與甘蔗之分蘖及生長，此乃由於間作物遮蔭之關係。

㈡田間所接受之純輻射量佔總日射量之百分率，不問甘蔗單作區或間作區，冬作組均高於夏作組。

㈢蔗行間之純輻射量，不問單作區或間作區均高於蔗株間。

㈣以間作物不同而遮蔭程度不同，致所接受之純輻射量在不同間作區各有差異。各間作物中，夏作組以高粱間作區所接受之純輻射量最少，大豆次少，棉花較多。冬作組以菸草所接受之純輻射量最少，蚕豆次少，小麥又次少，油菜較多。

㈤甘蔗間作區之純輻射量佔總日射量百分率少於單作區者，冬作組行間約爲 6－19 %蔗株間約爲 17—30 %；夏作組行間約爲 35—77 %，蔗株間約爲 25—30 %。

㈥間作者純輻射量佔總日射量之百分率，夏作組大豆間作區行間約爲 17 %。而蔗株間約爲 7 %（1968）；高粱間作區行間約爲 13 %而蔗株約爲 7 %（1968）；棉花間作區行間約爲 15 %而蔗株間約爲 7 %（1968）。冬作組小麥間作區行間約爲 32 %（1968）及 24 %（1969），蔗株間約爲 26 %（1968）及 13 %（1969）；油菜間作區行間約爲 32 %（1968）及 13 %（1969），蔗株間約爲 31 %（1968）及 12 %（1969）；蚕豆間作區行間約爲 32 %（1968），蔗株間約爲 26%（1968）；菸草間作區行間約爲 23 %（1968），株間約爲 18 %（1968）。夏作組大豆株間約爲 1.4 %（1968），高粱株間約爲 3 %（1968），棉花株間約爲 5 %（1968）。冬作組麥株間約爲 19 %（1968）及 5 %（1969），油菜株間約爲 21 %（1968）及 12 %（1969），蚕豆株間約爲 22 %（1968），菸草株間約爲 6 %（1968）。

㈦ 60cm 高處之純輻射量遠高於 30 cm 高處。前者高出後者；單作區蔗行間約爲 34 %而蔗株間約爲 37 %。間作區以間作物種類而不同， 60 cm 高處較 30 cm 高處增多純輻射量：在蔗行間油菜區爲 11 %，小麥區爲 17 %，菸草區爲 66 %，蚕豆以莖葉過於繁茂，相差達於 52 %。在蔗株間之差數，小麥爲 22 %，菸草爲 62 %，油菜爲 32 %，蚕豆爲 52 %，於行間之差數爲72%。在間作物株間之差數，油菜爲 31 %，菸草爲 177 %，蚕豆爲 40 %，小麥爲 45 %。

㈧間作與地温之關係：(1)各間作區之地温均顯著低於單作區。(2)甘蔗單作區與各種間作區地温之差數，均以午前爲較小，下午爲較大。(3)不問單作區與間作區，一日間之地温均以上午 9 時

---

(1)　台灣糖業試驗所發表論文第R 2—139號。

(2)　台灣糖業試驗所正研究員。

(3)　本文於 59 年 5 月 30 日收到。

(4)　本研究曾獲國家科學委員會之補助。

爲最低，下午 18—21 時爲最高，與氣温最高最低之時間約延緩 3—4 小時。(4)各種間作物區與單作區地温三回平均之差數，大豆爲 1.02 °C，高粱爲 0.89°C，棉花爲 0.38°C，小麥爲 0.32°C，油菜爲 0.04°C，蚕豆爲 0.81°C，菸草爲 2.0 1°C。(5)各間作區之地温比較，夏作組，棉花間作區地温最高，大豆間作區次高，高粱間作區最低。此乃由於大豆葉片平舖伸展而遮蔭行間地面較多；高粱莖高直立而遮蔭行間亦多，棉花莖葉稀疎，遮蔭地面最少。冬作組：菸草間作區地温最低，其次爲蚕豆區，再次各爲小麥與油菜區，此亦爲遮蔭多少的關係。

(九)間作物對甘蔗生長不利之影響，以減少分蘖數爲最顯著，遮蔭愈多者減少分蘖愈多。遮蔭對甘蔗莖高生育亦略有影響，但遮蔭過甚時，蔗莖反有徒長之趨勢。

一、引　　言

台灣之農業生產，以受農地之限制，往往多行間作，甘蔗亦不能例外。據歷年統計資料，台灣蔗園間作之面積與間作之農戶數均在 50 % 左右，以田種別調查，輪作田之間作面積更高達 73 %，可見產園間作制度具有其重要性。

間作物對主作物甘蔗之生長必有影響，主要乃由間作物對甘蔗所需水分與養分及日照之競爭。關於前兩者，作者已有部分研究結果，以「甘蔗單作與間作不同耗水量之比較研究」[1]及「甘蔗與其間作物間磷鉀肥養分競爭之研究」[2]兩題之論文分別發表，於此不贅。本文所及，乃就兩年來就間作對日照與地溫及甘蔗生育之關係的研究結果，予以論列。

二、研　究　方　法

(一)試驗處理與種植

本研究分組進行，田間計分 1967 年夏植及 1968 年春植與 1967 年及 196 8年冬植各一組，另有槽植大豆及菸草各一組，茲分述各組處理及種植情況如下：

1. 1967 **年夏植組**——甘蔗爲 F156 品種，行距爲 1.25 m，試驗處理分：(1)甘蔗單作，(2)甘蔗與台中一號高粱間作，(3)甘蔗與 Stoneville 7A 美棉間作等三種，高粱與棉花均於蔗行間間作一行。甘蔗與高粱及棉花均於 1967 年 7 月 20 日種植。

2. 1968 **年春植組**——甘蔗品種爲 F156 品種，行距 1.25 m，試驗處理分：(1)甘蔗單作，(2)甘蔗與台中一號高粱間作，(3)甘蔗與 Stoneville 7A美棉間作，(4)甘蔗與南改場 64—104 大豆間作，均於 1968 年 4 月 1 日種植。

3. 1967 **年冬植組**——甘蔗品種爲 F 156，行距 1.25m，試驗處理分爲：(1)甘蔗單作，(2)甘蔗與小麥台中 33 號間作，(3)甘蔗與台中特二號油菜間作，(4)甘蔗與蚕豆（市上購買之普通食用大粒種）間作等三種，小麥、油菜與蚕豆均於蔗行間間作一行，甘蔗於九月初種植，間作物均於 1967 年 11 月 15 日種植。

4. 1968 **年冬植組**——甘蔗爲 F156 品種宿根蔗，行距 1.25 m，試驗處理分爲：(1)甘蔗單作，(2)甘蔗與小麥台中 33 號間作，(3)甘蔗與台中特二號油菜間作等三處理：間作物於 1968 年 11 月初種植。

5. 1967 **年夏甘蔗大豆間作組**——甘蔗爲 F156 品種，以 8m×2.5m×1.0m 無底水泥槽種植，以 1.7m×0.8m 甘蔗行距相互排列，以素燒筒裝置自動灌溉，窄行間不間作，寬行間間作南改場 64—104 大豆二行，重複二次，均於 1967 年8月 12 日種植，於 1967 年 11月 14 日收穫。

6. 1967 **年冬甘蔗菸草間作組**——甘蔗爲F156 品種，於九月初種植，以8m×2.5m×1.0m 之無底水泥槽，裝置素燒筒自動灌溉，處理分(1)甘蔗單作，(2)甘蔗與萬國士菸草間作，以 1.7m×0.8m 之甘蔗行距互相排列，窄行間不間作，寬行間間作菸草二行，於 11 月 1 日移苗定植，重複二次。

(二)日射量與地溫測定方法及應用儀器

1. **日照純輻射量之測定**——用美國 C. W. Thornthwoite 公司出品之 Model 601 Mainative Net Radiometer 純輻射儀自記測定各種不同處理之行間株間及不同時間之不同純輻射量，以兩組儀器於單作區與間作區同時測定互相比較。

2. **總日射量之測定**——用美國 The Eppley Laboratory Inc. (Newport Rhode Island) 出品之 The Eppley Pyranometer(180° Pyrhetiometer)置於高 4m之屋頂測定之。

3. **地溫之測定**——用日本大田公司Ota keiki Sarreoku出品之Recording Earth Thermometer 測定不同處理之 30cm 深度之地溫。

三、研 究 結 果

(一)單作區與不同間作區日射量之比較：

1.夏作組：

表一、各處理純輻射量測定結果 (30cm 高度處)

處理別	測定位置	1967 年純輻射量測定結果 Gmcal/cm²/日 (四次平均)	1967 年 指數	1968 年純輻射量測定結果 Gmcal/cm²/日	1968 年 指數	純日射量佔總日射量 %	純日射量佔總日射量 指數
甘蔗單作區	行間	55.4	100	174.3 (三次平均)	100	30.0	100
	甘蔗株間	41.5	75	114.2	66	20.0	67
大豆甘蔗間作區	行間	137.7	100	93.8*** (四次平均)	100	17.0	100
	甘蔗株間	57.7	40	41.3	44	7.0	41
高粱甘蔗間作區	行間	25.3	100	70.7* (五次平均)	100	13.0	100
	甘蔗株間	19.2	76	32.3	46	7.0	54
棉花甘蔗間作區	行間	58.5	100	89.8** (三次平均)	100	15.0	100
	甘蔗株間	43.4	74	40.8	45	7.0	47

處理別	測定位置	1967年純輻射量測定結果 Gmcal/cm²/日（四次平均）	1967年 指數	1968年純輻射量測定結果 Gmcal/cm²/日	1968年 指數	純日射量佔總日射量 %	純日射量佔總日射量 指數
大豆甘蔗間作區	行間 大豆株間	156.1 47.7	100 31	35.4 7.3 （二次測定）	100 21	7.0 1.4	100 20
高粱甘蔗間作區	行間 高粱株間	28.1 15.6	100 56	71.9 16.3 （二次測定）	100 23	14.5 3.0	100 21
棉花甘蔗間作區	行間 棉花株間	57.5 34.7	100 60	40.3 30.4 （二次測定）	100 76	7.0 5.0	100 71
甘蔗單作區	行間	120.2	100	118.3（四次平均）	100	22.2	100
大豆甘蔗間作區	行間	72.9	61	27.5***（四次平均）	23	5.0	23
甘蔗單作區	行間	82.2	100	110.1（四次平均）	100	20.5	100
高粱甘蔗間作區	行間	31.0	38	75.9*（四次平均）	69	14.3	70
甘蔗單作區	行間	89.4	100	111.3（四次平均）	100	19.5	100
棉花甘蔗間作區	行間	73.7	72	72.4**（四次平均）	65	12.7	65
甘蔗單作區	蔗株間	71.1	100	62.6（二次平均）	100	12.0	100
大豆甘蔗間作區	蔗株間	54.7	77	45.8（二次平均）	73	9.0	75
甘蔗單作區	蔗株間	93.9	100	71.6（二次平均）	100	13.5	100
高粱甘蔗間作區	蔗株間	40.0	43	53.0*（二次平均）	74	10.5	78
甘蔗單作區	蔗株間	66.6	100	75.4（二次平均）	100	13.5	100
棉花甘蔗間作區	蔗株間	66.1	98	53.9（二次平均）	71	9.5	70

***以大豆生長繁茂，葉片多張開平舖，故遮蔭特甚。

** 棉花以四月間早植，生長特佳，故棉葉遮蔭較上年爲甚。

* 高粱春植非生長適期，生長較上年夏植爲差，故遮蔭亦較少。

2.冬作組：

表二、各處理純輻射量測定結果（30cm 高度測定四次平均）（1968）

處理別	測定位置	純輻射量 gmcal/cm²/日	指數	純輻射量佔總日射量 %	指數
小麥甘蔗間作區	蔗行間 蔗株間	104.7 90.1	100 86	32 26	100 81
油菜甘蔗間作區	蔗行間 蔗株間	111.9 109.0	100 97	32 31	100 97
蠶豆甘蔗間作區	蔗行間 蔗株間	117.5 94.5	100 80	32 26	100 81
菸草甘蔗間作區	蔗行間 蔗株間	75.0 58.3	100 78	23 18	100 78

處理別	測定位置	純輻射量 gmcal/cm²/日	指數	純輻射量佔總日射量 %	指數
小麥甘蔗間作區	蔗行間 麥株間	95.4 58.9	100 62	30 19	100 63
油菜甘蔗間作區	蔗行間 菜株間	123.6 78.6	100 64	32 21	100 66
蠶豆甘蔗間作區	蔗行間 豆株間	157.2 83.1	100 53	37 22	100 59
菸草甘蔗間作區	蔗行間 菸株間	67.1 20.0	100 30	32 6	100 19
甘蔗單作區	行間	123.1	100	37	100
小麥甘蔗間作區	行間	110.7	90	34	92
甘蔗單作區	行間	136.2	100	34	100
油菜甘蔗間作區	行間	124.6	91	32	94
甘蔗單作區	行間	101.6	100	33	100
蠶豆甘蔗間作區	行間	90.6	89	29	88
甘蔗單作區	行間 (測定七次平均)	93.5	100	32	100
菸草甘蔗間作區	行間	79.5	85	26	81
甘蔗單作區	蔗株間	121.7	100	37	100
小麥甘蔗間作區	蔗株間	109.4	90	29	78
甘蔗單作區	蔗株間	96.2	100	36	100
油菜甘蔗間作區	蔗株間	81.4	85	30	83
甘蔗單作區	蔗株間	112.3	100	32	100
蠶豆甘蔗間作區	蔗株間	87.2	78	25	78
甘蔗單作區	蔗株間	68.5	100	30	100
菸草甘蔗間作區	蔗株間	37.8	55	21	70

表三、各處理純輻射量測定結果（30cm高度一次測定結果）（1969）

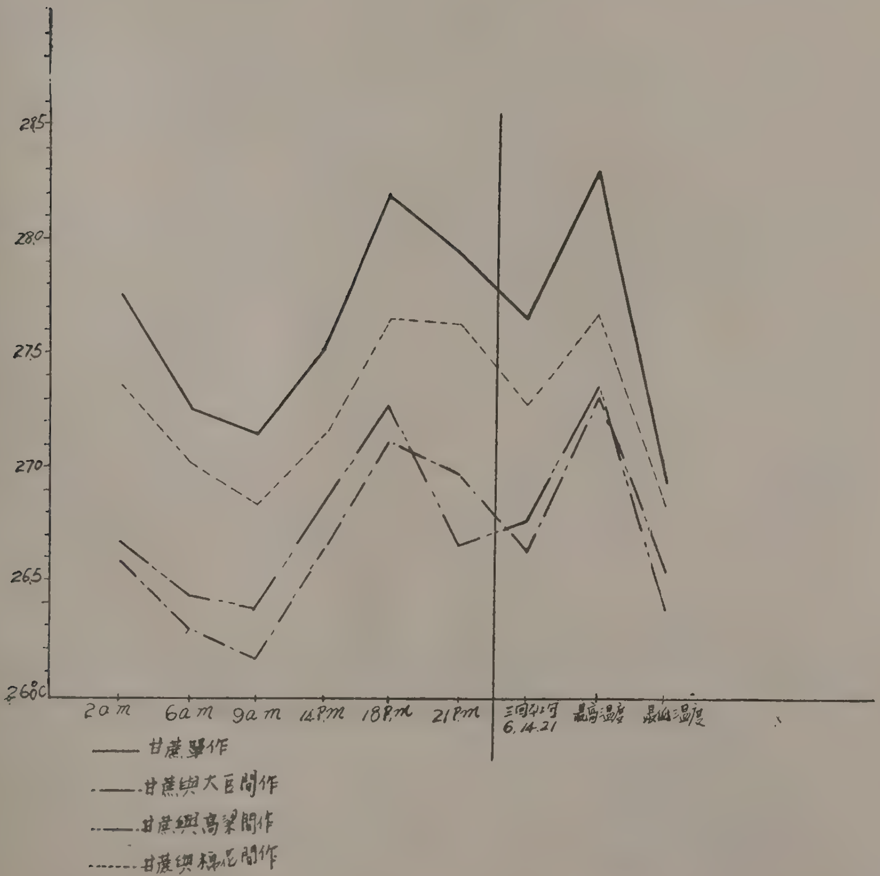
處理別	測定位置	純輻射量 gmcal/cm²/日	指數	純輻射量佔總日射量 %	指數
甘蔗單作區	行間	71.96	100	26	100
小麥甘蔗間作區	蔗行間	67.05	93	24	92
甘蔗單作區	行間	57.68	100	21	100
小麥甘蔗間作區	麥行間	56.29	98	20	95
甘蔗單作區	蔗株間	38.55	100	16	100
小麥甘蔗間作區	蔗株間	32.11	83	13	81

處理別	測定位置	純輻射量 gmcal/cm²/日	指數	純輻射量佔總日射量 %	指數
甘蔗單作區	蔗株旁	34.46	100	7	100
小麥甘蔗間作區	蔗株旁	31.28	91	7	100
小麥甘蔗間作區	蔗株間	37.68	100	8	100
小麥甘蔗間作區	麥株間	25.29	67	5	63
甘蔗單作區	行間	62.00	100	14	100
油菜甘蔗間作區	蔗行間	57.10	92	13	93
甘蔗單作區	行間	69.23	100	26	100
油菜甘蔗間作區	油菜行間	58.95	85	22	85
甘蔗單作區	蔗株間	78.60	100	14	100
油菜甘蔗間作區	蔗株間	68.58	87	12	86
甘蔗單作區	蔗株旁	52.60	100	24	100
油菜甘蔗間作區	蔗株旁	51.24	97	23	96
油菜甘蔗間作區	蔗株間	63.20	100	12	100
油菜甘蔗間作區	菜株間	60.08	95	12	100

表四、1968年冬作組不同高度位置之純輻射量比較

處理別	測定位置及高度 cm	測定次數	平均純輻射量 gmcal/cm²/日	指數	純輻射量佔總日射量 %	指數
甘蔗單作區	蔗行間 60	1	35.3	100	31	100
	蔗行間 30	1	23.4	66	20	64
	蔗株間 60	1	105.5	100	31	100
	蔗株間 30	1	66.7	63	20	63
小麥甘蔗間作區	蔗行間 60	2	96.9	100	29	100
	蔗行間 30	2	80.8	83	25	86
	蔗株間 60	2	103.8	100	40	100
	蔗株間 30	2	80.5	78	31	78
	麥株間 60	1	168.0	100	41	100
	麥株間 30	1	115.8	69	29	71
油菜甘蔗間作區	蔗行間 60	1	110.2	100	35	100
	蔗行間 30	1	97.9	89	31	89
	蔗株間 60	2	154.8	100	37	100
	蔗株間 30	2	104.8	68	25	68
	菜株間 60	1	183.9	100	40	100
	菜株間 30	1	140.4	77	31	78
蠶豆甘蔗間作區	蔗行間 60	2	105.2	100	30	100
	蔗行間 30	2	50.0	48	25	83
	蔗株間 60	1	145.5	100	37	100
	蔗株間 30	1	95.6	66	25	68
	豆株間 60	1	39.0	100	13	100
	豆株間 30	1	27.9	72	9	69

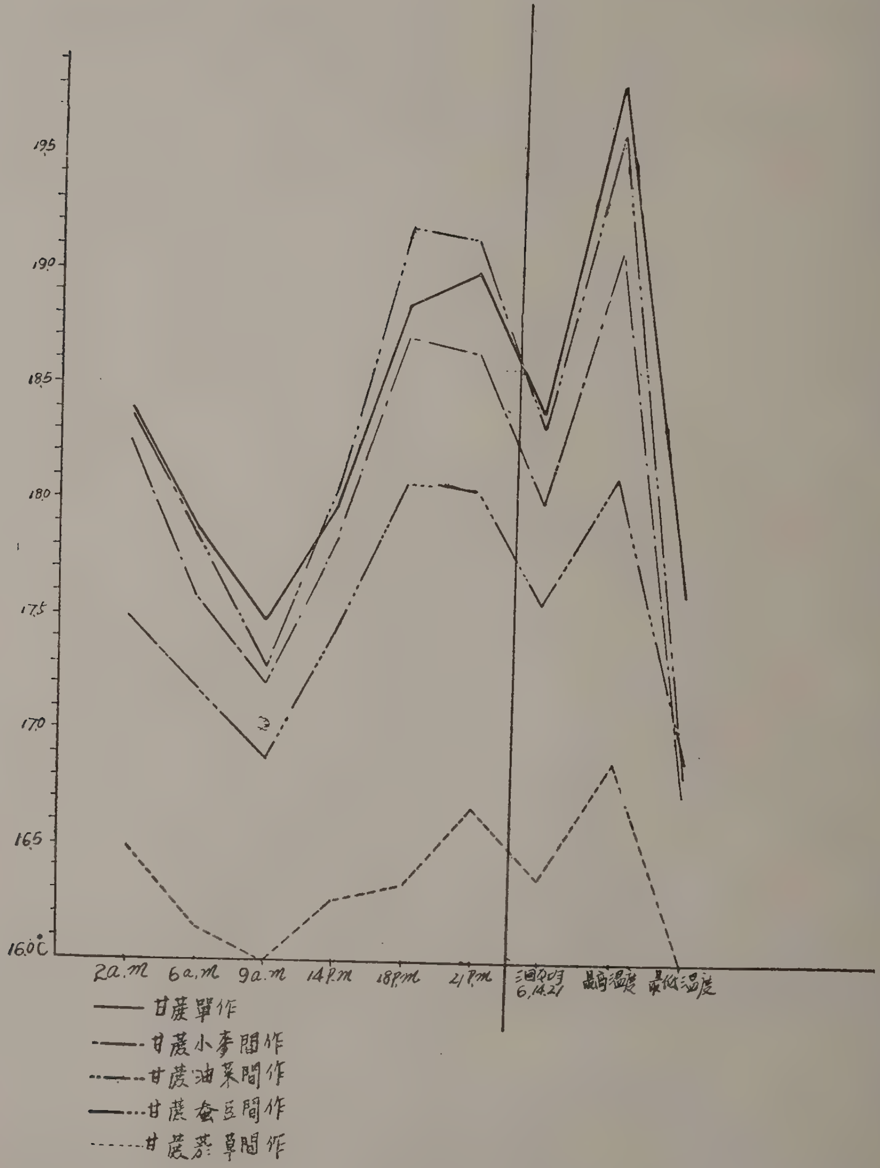
處理別	測定位置及高度 cm	測定次數	平均純輻射量 gmcal/cm²/日	指數	純輻射量佔總日射量 %	指數
菸草甘蔗間作區	蔗行間 60	3	121.6	100	43	100
	蔗行間 30	3	41.1	34	14	33
	蔗株間 60	4	120.5	100	40	100
	蔗株間 30	4	46.1	38	15	38
	菸行間 60	4	59.0	100	23	100
	菸行間 30	4	16.6	28	6	26
	蔗株間 60	4	38.5	100	14	100
	蔗株間 30	4	13.9	36	5	36



圖一、夏作組各間作區地温之差異（土層深度：30cm）（1967年10—11月及1968年6—7月六期測定平均）

由上圖一夏作組觀測結果，可得下列概念：

1.全日間地下 30 cm 處溫度，單作區與各種間作區均以上午九時為最低，下午 6 時為最高。即氣溫與地溫最高最低之時間約為地溫較氣溫延緩 3—4 小時。



圖二、冬作組各間作區地溫之差異（土層深度 30cm）（1968 年 1—3 月及 1969 年 3 月七期平均）

2.各種間作區與單作區之温差，以上午六時至九時爲較小，下午六時至九時爲較大（高粱以上午九時爲最小，下午九時爲最大）。

3.各種間作區中，平均以大豆間作區之地温爲最低，平均低於單作區 1.02°C，高粱間作區之地温次低，平均低於單作區 0.89°C，棉花間作區之地温較高，平均僅作於單作區 0.38°C。可見間作物莖葉平伸展開遮蔭地面多者減低地温亦多，二者互成比例。

由上圖二冬作組觀測結果，可得下列概念：

1.地下 30cm 深處，單作區與各種間作區均以上午九時爲地温最低，下午 6—9 時爲地温最高（尤以菸草間作區以下午九時爲地温最高）。此種趨勢，冬作組與夏作組相一致。

2.間作油菜區午後之地温較單作區有增高之趨勢，其原因有欠明瞭。

3.小麥間作區之地温低於油菜間作區，蚕豆間作區之地温低於小麥間作區，菸草間作區之地温爲最低。此均與植株莖葉對地面之遮蔭及地面吸收純輻射量之多寡成正比例。其中尤以菸草莖葉生長最爲繁茂，因此地面接受之純輻射量亦最少。單作區蔗行間之純輻射量佔有總日射量之32%，而菸草間作區蔗行間之純輻射量僅有總日射量之 26%，即前者較後者增多 23%。又間作蔗株間之純輻射量有總日射量之 18%，而菸株間僅有 6%，由此可見以遮蔭而減少日射量，此即爲地温減低之主因。

4.單作區與間作區全日不同時間之温差，冬作組不若夏作組之有一致趨向，大體如蚕豆、菸草等遮蔭較多者，其温差以午間爲高，此可能由於少遮蔭者土面吸收日照較多之故。

表五、夏作組各處理甘蔗生育調查

年期	處理別 / 調查項目	甘蔗單作	大豆甘蔗間作	高粱甘蔗間作	棉花甘蔗間作
1967	平均每行生存產莖數	143.8 (100)	143.3 (100)	15.5 (11)	93.5 (65)
	平均蔗莖高度 (cm)	82.9 (100)	75.7 (91)	67.4 (81)	66.0 (80)
	平均間作物高度 (cm)	—	33.7 (56)	216.1 (199)	101.7 (103)
1968	平均每行生存莖數	78.5 (100)	53.3 (68)	61.0 (77)	74.8 (95)
	平均產莖高度	147.4 (100)	138.6 (94)	172.5 (117)	157.8 (107)
	平均間作物高度	—	79.1	180.9	103.6

表六、冬作組各處理生育調查(1968年期)

處理別 / 調查項目	甘蔗單作	小麥甘蔗間作	油菜甘蔗間作	蚕豆甘蔗間作	菸草甘蔗間作
平均每行存蔗莖數	259.0 (100)	84.8 (33)	107.3 (41)	149.8 (58)	181.3 (70)
平均蔗莖高度 (cm)	24.0 (100)	20.6 (86)	22.2 (93)	30.1 (125)	21.9 (89)
平均間作物莖數 (cm)	—	81.8	84.8	91.8	130.2

由表五及表六，可略知以間作物遮蔭愈甚者甘蔗分蘗莖數減少愈多，但甘蔗莖高則受遮蔭影響較少，且爲於間作物生長後期遮蔭愈甚時，甘蔗以分蘗數減少而反有徒長現像，此亦爲生理作用使然。

四、討論與結論

據已得之研究結果：加以分析討論，似可得下列概念：

㈠日射量之比較：

1.不同間作處理對日照影響的關係——此方面可分項討論之：

(1)不同間作處理間純輻射量之比較：

①甘蔗間作區之純輻射量少於單作區甚多，各不同間作處理間，以蔗葉部遮蔭程度不同，所受輻射量亦顯有差異。

②以蔗行間之純輻射量比較，以高粱莖部生長特高而遮蔭亦多，故蔗行間所受之日射亦較少。1967 年之觀測結果，在 30cm 高處，甘蔗高粱間作區蔗行間之純輻射量僅有單作區之38%，蔗株間者間作區僅有單作區之 43 %；但 1968 年以春植高粱生長較差（莖高僅有 1967 年夏植者之 84 %），故蔗行間之純輻射量較高而有單作者之 69 %，蔗株間者亦有單作區之 74 %。

③大豆間作區蔗行間 30cm 高處之純輻射量，1967 年以莖葉高度遠低於高粱，故亦高於高粱間作區，前者為 61 %，後者為 38 %；但 1968 年以春植大豆遠較 1967 年夏植大豆生長為優，莖葉繁茂而平舖生長致遮蔭甚多，地面吸收之日射較少，致行間之純輻射量僅有單作區之23%而低於高粱區之 69 %及棉花區之 65 %；蔗株間之純輻射量大豆區僅有單作區之 73 %，低於高粱區之 74 %。

④棉花以莖葉稀疏而遮蔭地面亦較少，故在 1967 年於 30cm 高處蔗行間及蔗株間之純輻射量各為單作區之 72 %及 98 %而遠高於高粱及大豆間作區；但在 1968 年以棉花於春季較早種植，較上年七月夏植者生長繁茂而遮蔭亦多，致蔗行間之純輻射量為單作區之 65 %，蔗株間之 71 %，較上年減少甚多，且尚略少於高粱區。

⑤冬作組之純輻射量，在單作區與各間作區均高於夏作組。以 30 cm 高處之蔗行間言，間作區之純輻射量與單作區比較，油菜與單作區之 91 %（1968）及 92 %（1969），小麥為 90%（1968）及 93 %（1969），蠶豆為 89 %（1968），菸草為 85 %（1968）。間作物株間之純輻射量佔間作區蔗行間之純輻射量百分率，麥株間為 62 %（1968）及 67 %（1969），油菜株間為 64 %（1968）及 95 %（1969），蠶豆株間為 53 %（1968），菸草株間為 30 %（1968）。以 30cm 高處蔗株間純輻射量佔蔗行間純輻射量之百分率而言，小麥間作區為 86 %（1968），蠶豆間作區為 80 %（1968），菸草間作區為 78 %（1968），油菜間作區為 97 %（1968）。間作菸草所受純輻射量最少，蠶豆次少，小麥較高，油菜最高；此在蔗行間、蔗株間間作物株間均有相同之趨向，此乃由於遮蔭多少之關係。

⑥綜合研究結果，可知作物莖葉茂盛而密度高遮蔭多者，其所受之純輻射量即少，二者似有相互之正相關關係。此與國外研究結果亦相符合。(3)(4)(5)

(2)純輻射量與總日射量之關係：

①甘蔗 30cm 高處、純輻射量對總日射量之百分比，冬作組高於夏作組。

②夏作組甘蔗單作區蔗行間之純輻射量約佔有總日射量之 30 % 左右，蔗株間之純輻射量約佔有總日射量之 20 %左右。間作區 30 cm 高處蔗行間之純輻射量佔有總日射量之百分率：大豆以葉片繁茂而平面伸展致地面遮蔭甚多，故僅有 5 %；高粱以莖高立之地面遮蔭較少故有 14.3 %；棉花有 12.7 %。各間作區 30 cm 高處蔗株間之純輻射量約僅有總日射量之 9—10 %。

③冬作組 30cm 高處蔗行間之純輻射量佔有總日射量之百分率：甘蔗單作區爲 32—37％（1968）及 14—26％（1969）；小麥間作區爲 34％（1968）（相當於單作區之 92％）及 24％（1969）（相當於單作區之 92％）；油菜間作區爲 32％（1968）（相當於單作區之 94％）及 13％（1969）（相當於單作區之 93％）：蠶豆間作區爲 29％（1968）（相當於單作區之 88％）；菸草間作區爲 26％（1968）（相當於單作區之 81％）。30cm 高處蔗株間之純輻射量佔總日射量百分率：單作區爲 14％（1969）—37％（1968），小麥爲 29％（1968）（相當於單作區之 78％）及 13％（1969）（相當於單作區之 81％）；油菜爲 30％（1968）（相當於單作區之 83％）及 12％（1969）（相當於單作區 86％）；蠶豆爲 25％（1968）（相當於單作區之 78％；菸草爲 21％（1968）（相當於單作區之 70％）。30cm 高處間作物株間純輻射量佔總日射量百分率及相當於同處理蔗行間之百分率，麥株間爲 19％及 63％（1968）與 5％及 63％（1969）；油菜株間爲 21％及 66％（1968）與 12％及 100％（1969）；蠶豆株間爲 22％與 59％（1968）；菸草株間爲 6％與 19％（1968）。

⑶不同高度與純輻射量之關係：據冬作組測定結果，得知：

① 60 cm 高處較 30 cm 高處所接受之純輻射量相差甚多。

②以單作言，蔗行間 60 cm 高處較 30 cm 高處約增多純輻射量 36％，即純輻射量佔總日射量百分率前者爲 31％而後者爲 20％。蔗株間 60 cm 與 30 cm 爲 10％與 7％或 100 與 70 之比。

③間作區以間作物之類別不同而遮蔭程度不同致接收之純輻射量依高度而亦有差別。據 1968年測定結果，以蔗行間言，60cm 與 30cm 高處純輻射量之差數：以油菜爲最少，純輻射量佔總日射量百分比爲 35％與 31％或 100 與 89 之比；小麥約爲 29％與 25％或 100 與 86 之比；蠶豆約爲 30％與 25％或 100 與 83 之比；菸草爲 43％與 14％或 100 與 33 之比。蔗株間純輻射佔總日射量之百分率比，30cm 高處約僅有 60cm 高處之％；小麥區爲 78％，油菜爲68％，蠶豆爲 68％，菸草爲 38。間作物株間，30cm 高處約僅有 60cm 高處純輻射量佔總日射量百分率，麥株間爲 71％，油菜株間爲 78％，蠶豆株間爲 69％，菸草株間爲 36％。

㈡間作與地溫之關係：

1.每日不同時間地溫之變異——據二年觀測結果：不問單作區或不同間作區，30cm 深處之地溫，均以上午九時爲最低，下午 18—21 時爲最高。可見地溫最高最低之時間，約較氣溫最高最低之時間延緩 3—4 小時。

2.不同間作區之地溫各有差異，據二年觀測結果，可得下列概念：

⑴各種間作區之地溫均顯著低於單作區。

⑵以地面遮蔭較多之間作物與單作區之地溫較差爲大，此可能由於少遮蔭者土面吸收日照較多之故。

⑶大豆間作區之地溫爲各種間作區中之最低者，平均約較單作區減低 1.02 °C，此或由於大豆葉片平舖伸展致地面遮蔭較多而吸收日射量較少之故。

⑷高粱間作區地溫略高於大豆間作區而低於棉花間作區，平均約較單作區減低 0.89 °C，此或由於高粱莖葉直立，對地面遮蔭略少於大豆之葉片平伸者。

⑸棉花間作區爲間作區之地溫最高者，平均約較單作區減低 0.38 °C，此乃由於棉花莖葉較爲稀疏而遮蔭地面較少之故。

⑹冬作間作區中以菸草間作區之地溫最低，平均較單作區減低 2.01 °C，蠶豆間作區次低平均較單作區減低 0.81 °C；油菜間作區減低最少，平均較單作區減低 0.04 °C；小麥間作區減

低較少，平均較單作區減低地溫約 0.32 °C。地溫之減低與間作物莖葉繁茂而遮蔭地面多少成正比例。

㈢**間作物對甘蔗生長不利之影響**：間作物以遮蔭關係，對甘蔗之生長多有不利，影響最大者爲蔗莖分蘗之減少。大豆間作區第一年以大豆生長欠佳，葉片遮蔭較少，故影響甘蔗分蘗不大，第二年大豆種植適時，生長特別繁茂，致遮蔭影響甘蔗減少分蘗32%。高粱以莖高而遮蔭多，第一年甘蔗減少分蘗89%，第二年以春植非高粱適時，生長較差，遮蔭亦較少，僅減少甘蔗分蘗23%。棉花間作區，減少分蘗數第一年以棉花生長盛期正在甘蔗分蘗期，故減少分蘗35%，第二年棉花種植較早，待甘蔗分蘗時已在棉花生長後期逐漸脫葉之時，遮蔭較少故僅減少甘蔗分蘗 5 %。小麥間作區減少甘蔗分蘗 67%，油菜間作區減少甘蔗分蘗 39%，蚕豆間作區減少甘蔗分蘗 42% 爲菸草間作區減少甘蔗分蘗 30%。間作物收穫時甘蔗莖高較單作區減少數，大豆區爲 6—9 %，高粱區爲 19%（第二年未有減少）棉花區爲 20%（第二年未有減少）。小麥區爲 14%，油菜區，7%，蚕豆間作區未有減少，菸草間作區爲 11%，遮蔭過甚者，對間作甘蔗高度似少影響反有促使蔗莖徒長增高趨勢。

誌謝：本研究進行中，田間栽培及日射量與地溫測定及生育調查等工作，承台灣糖業試驗所農藝系王俊信、林房興及謝萬成三君之協助，文成後並請由童文海技術師予以指正，均此敬誌謝意。

五、參 考 文 獻

1. 張瀨、何逢偉、王俊信（1969）甘蔗單作與間作不同耗水量之比較研究，中華農學會報新65期 32—46 頁，台灣糖業試驗所研究彙報 49 號 71—85 頁（1970）。
2. 張瀨、張普華、何逢偉（1969）甘蔗與其間作物間磷鉀肥養分競爭之研究，中華農學會報新 67 期 43—49 頁。
3. Aubertin. G. M. and D. B Peters (1961) Net Radiation Determination in a Cornfield, Agronony Journal, Vol. 53, pp 269—272。
4. Williams, W. A., R. S. Loomis and C. R. Lepley, Productivity in Relation to Interception of Solar Rsdiation, Soil Science, Apr 1965 ,pp 211—214。
5. Tanner, C. B., H. E. Peterson cnd J R. Love, Radiant Energy Exchenge in a Corn Field, (1960) Agronomy Journal, Vol.5 2, pp 373—379。

蔗田微氣候與大氣候之比較分析[1]

童文海　　鄭鼎鐘[2]

摘　　要

蔗田內之空氣與田外自由大氣情況不同，甘蔗生長於此田間空氣中，所處氣候環境與一般氣象觀測報告及氣候常態均有差異。本報告爲將近二年來蔗田內外氣象觀測資料分析，比較其異同，以認識蔗田內微氣象情況。田間自蔗株生長後，遮陰顯著。空氣呈較涼而穩定少變之情況，並有逆溫現象出現。濕度較大不適於蒸發，水份大部由蔗株葉片蒸散。田內照度貧弱，地溫較低，水份變異大，在各生長期蔗株高低，倒伏與否及不同天氣情況下又各有不同差異。綜計全蔗期內蔗田氣溫有效積溫約減少 10%，如蔗株倒伏則可能反略增。蔗田地溫有效積溫平均減少約 20—50%之鉅。

一、緒　　言

氣象觀測爲測定自由大氣之諸現象，在低層接近地面之空氣因地面之差異，地文的特點及其附近環境影響，成爲一混亂帶。一般氣象觀測均儘量避免此一混亂帶之影響，俾所測得大氣情況爲該地區大氣具有代表性之資料，而可供各地區互相比較及供大氣分析研究之用。惟此接近地面層之空氣對於全自由大氣負有極大任務，上層大氣之增暖與冷却，水汽之增減變化均以此層與地面爲媒介。高層空氣能自由流動，遇有相反情況發生時，立能自動均衡，使呈均勻而連續之情況；而近地面層空氣則受地面摩擦，遇有相反相異情況能繼續維持，在短距離內之水平差異與垂直差異均極明顯。植物生長於地面，完全處於此一近地面層空氣混亂帶內，且植物本身對於熱能與水汽具有調蓄功能，故不僅植物生長受此近地層空氣影響，植物亦能反影響此層空氣之改變。

甘蔗爲高莖作物，田間種蔗後其間空氣必與自由大氣有差異，研究甘蔗生理，其生長受氣候環境影響，其需水量之變化等均應明瞭蔗田間空氣與自由大氣有何差異，田間植蔗其所處空氣環境必與吾人所知之一般氣候環境不同。農藝試驗盆栽情況與田間種植情況亦必不同，玆以近年蔗田實際觀測氣象資料與一般大氣氣象資料作一初步比較，以認識蔗田微氣候之特性，供以後繼續研究及各有關農藝研究之參考。

---

(1)　台灣糖業試驗所審定發表論文第 R 2—140號。

(2)　本所農藝系十二等氣象師、十一等農藝技術師。

(3)　本文於 59年 12月 1日收到。

二、蔗田微氣象觀測

㈠ 田間佈置：

蔗田微氣象觀測場設於台南糖業試驗所 N 2 E 1 地號砂壤土區蔗田，正位於氣象觀測園之毗鄰南方，田區南北縱長 30m，東西寬 42m，分東西二區植蔗，西區於 56 年 8 月種秋植蔗 F 146 共 17行，行距 1.37m。東區於 57年 2 月種春植蔗 F 146 共 13行，行距1. 25m。株距均為 0.3m，用雙芽苗，折合公頃用量秋植蔗約 24,000苗，春植蔗27,000苗。蔗行均南北行，為本地區一般標準植蔗情況。

氣象儀器於兩田區中央各裝置一套，秋植蔗田裝於第 8—9 行間，春植蔗田裝於第 6—7 行間，所用儀器列述如下：

1. 百葉箱及溫濕計——田中裝設鐵架一座，於高度 50，150，300cm 處各放置小型百葉箱共三個，內各裝自記溫濕計一具。

2. 溫濕表——用阿斯曼通風乾濕表（Assmann Aspiration Psychrometer）數具，觀測田間氣溫與濕度。於田中鐵架上分別在 50，100，150，200，250，300cm 高六處設鐵鈎，供觀測時懸掛阿斯曼乾濕表之用。

3. 地溫表——秋植區於第八行蔗株之東側（春植區在第六行東側），埋設 0，5，10，20，30，50，100cm 深地溫表計七支，50及 100cm 深用鐵管地溫表，餘均用曲管地溫表。

4. 蒸發盆——秋植田於第 9—10 行間，春植田於第 7—8 行間，各裝置 20cm 徑蒸發盆一具。

5. 照度計——以光電池連配電表製成照度計一具，隨蔗株生長，自地面起每隔 50cm 高為一觀測點測記照度。

6. 土壤水份計——秋植田於第 9 行之西側，春植田於第 7 行之西側埋設土壤水份測定計之石膏塊分 5，10，20，30，50，100cm 深等六處

7. 風速表——原擬裝小型風杯風速器三具於蔗田內行間 50，150，300cm高處，以該小型風速器未購到，曾自製一套，試用效果不佳，致風速未能觀測。

（田間佈置繪如附圖一，並請參閱所附照片）

㈡ 氣象觀測：

1. 田間微氣象觀測：自植蔗後至蔗株萌芽開始觀測，各高度氣溫、濕度、照度及各深度地溫，每日 9 時及 14時各觀測一次。蒸發量，土壤水份每日 9 時觀測一次， 自記溫濕計資料求算平均及最高最低值。另每週固定一天於 8， 9，10，12，14，16 時各觀測氣溫、濕度、地溫、照度一次，以求各要素晝間變象。田間觀測至蔗株收穫前為止。

2. 一般大氣氣象觀測：仍按一般規定於每日 9，17時各實測一次， 6，14，21時資料由自記儀器求得。最高最低氣溫由最高最低溫度表測定，當較田間由溫濕計求得者為精確。觀測園內亦與蔗田內同深度處埋設土壤水份測定石膏塊一組（亦為六處）測定田外土壤水份，供田內外比較之用。

㈢ 甘蔗生育觀測：

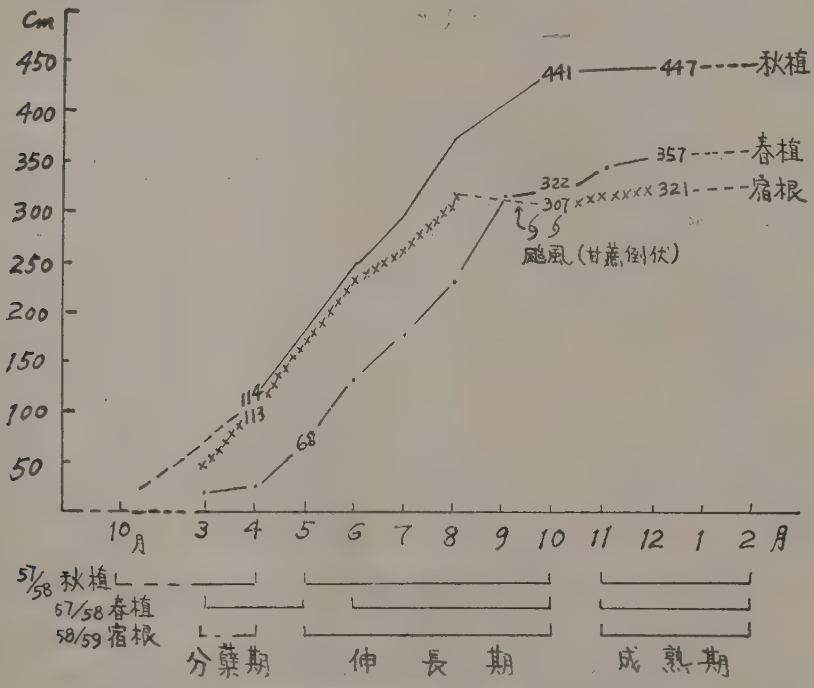
逐月作株高、莖長、莖數、分蘗消長觀測；收穫時並作產量及糖份等項調查。

三、試驗結果及討論

蔗田微氣象觀測分兩區進行，秋植蔗區於56年8月30日種植，田間氣象觀測自56年10月開始。部份項目因儀器未購到有延至57年1月始裝妥觀測。春植蔗區於57年2月5日種植，3月開始氣象觀測。至57年11月兩區甘蔗均開始抽穗開花，58年2月20日停止氣象觀測，28日收穫，兩區均作宿根處理，繼續作58/59年期宿根蔗田氣象觀測。

宿根蔗田氣象觀測自58年4月開始，以秋植春植兩區宿根蔗生長雖略不同，但差異不大，故兩者各項觀測資料均予以合併，取其平均，視為一區資料作分析比較。宿根蔗於，58年11月開始抽穗開花，於59年2月20日停止氣象觀潮，23日收穫。

茲以此二年期田間觀測資料作初步分析比較，並按各植別甘蔗生育階段約略區分為分蘗期、伸長期及成熟期三期，簡列如表一：



表一、甘蔗生長期別及株高比較　　品種：F 146

由於氣象觀測儀器係利用一般氣象觀測之儀表，並不甚適於田間微氣象觀測，且分層分區逐次觀測，時間前後延遲，差異頗大，加以人為因素誤差亦大，再蔗行間經常受通過穿行其間影響，行間蔗葉分布疏密情況亦時變易，故若干測得數值難信為完全正確可靠，如溫度小數一位值，亦必有出入，若干微氣象變異可能均被掩飾而難明確顯示，或甚至有大誤差存在，故本分析仍僅以初步比較其差異重點與趨勢為主，不能信賴為詳確數值，田間氣象精確觀測，仍待以後逐步改進。

(一) 蔗田氣溫

一般自由大氣之氣溫係以空氣自由流動，地面平舖淺草，減除地面輻射影響爲標準情況。蔗田在植蔗初期，土壤已經翻動，地面無草多爲裸露，蔗株生長後，蔗葉頂最高可伸長至 4 m。田內行間空氣全受蔭蔽，流動亦不暢，故田間氣溫大致初期比田外大氣爲高，後期則比田外低，此又與蔗株生長高低，溫度冷暖程度，一日間上下午情況等，均有不同，茲分述如下：

1. 植蔗期內田內外氣溫比較——**田內初期較暖，後期較凉。**

植蔗初期，田間地面裸露，輻射較草地爲强，故田間氣溫高於田外大氣氣溫，惟相差不超過 1 °C 。至蔗株伸長，田間受蔗株葉蔭蔽，其氣溫不易升高，漸低於田外。秋植蔗田內 50 cm，高處氣溫自 6 月起即開始比田外低，150 cm 高處氣溫自 7 月起，春植蔗田自 8 月起，田內氣溫均開始比田外低。田內外差距約隨蔗株伸長而增大，至 11 月田內外氣溫差達最大（秋植田內低 2.4°C），11月以後已入成熟期，蔗株伸長甚微，蔗葉部份枯落反漸減少，且入冬季後一般氣溫均下降，遮陰蔭凉之效果亦較弱，田內氣溫雖仍低於田外，但其差距已較漸變小，實測 57/58 年期蔗田內外氣溫差如表二。（參閱圖二）

表二、植蔗期內田內外氣溫比較

田內比田外高（+），田內比田外低（−），單位 0.1°C，每日 9 時觀測值平均

田間高度	田別	56年 10月	11	12	57年 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	58年 1	2（20日止）
150 cm	秋植蔗田	+2	+1	0	+1	+3	+6	+5	+7	+4	−4	−13	−13	−16	−20	−18	−9	−10
	春植蔗田						+5	+5	+6	+6	+4	−1	−1	−6	−8	−9	−6	−5
50 cm	秋植蔗田	+3	+1	0	+4	+3	+7	+5	+4	−5	−11	−16	−16	−21	−24	−21	−8	−12
	春植蔗田						+7	+7	+7	+3	+2	−3	−5	−12	−14	−15	−7	−9
蔗株頂高 (cm)	秋植							114	176	245	296	374	410	441	447	447		
	春植							25	68	134	176	234	319	322	347	357		

2. 不同年期田內外氣溫比較——**蔗株愈大愈蔭凉，較冷年田內能保溫。**

以 57/58 年期春植蔗田（57年 4 月—58年 2 月）與 58/59年期宿根蔗田（58年 4 月— 59年 2 月）比較，58/59 年期宿根蔗初期蔗株較 57/58 年期春植爲高，最後則宿根蔗較低（參閱表一），且 58年 9、10月因受艾爾西、芙勞西兩次颱風影響，蔗株倒伏，株高更一度大降，其對田間空氣遮陰影響減弱。又 58年冬比 57年冬冷，(58年 12月比 57年 12月冷約4°C)，田間氣溫原係受蔗株遮陰而應較低者，至58年冬因蔗株倒伏，天氣又較冷，故田間氣溫反因蔗株有覆蓋影響，而未大降，故 58/59 年田內外氣溫差自 10月起均比上年期（57/58）爲小。

58年 8 月底宿根蔗株頂高約在 320cm 左右， 9月 26日艾爾西颱風及10月 2 日芙勞西颱風吹襲後，蔗株倒伏，估計株頂高度約在 200cm 左右，至 10 月底始復升至 310cm 左右，此期田內 150cm 高處似反爲株葉密佈區，其氣溫反較田外爲高， 50cm 高處係在蔗株頂下方，田內氣溫雖比田外爲低，但其差距遠較57年蔗株無倒伏情況者爲小。

故田間氣溫受蔗株影響，在氣溫熱時，因受其蔭蔽而較低，但在氣溫冷時亦可因受覆蓋而較高，應視冷暖程度與蔗株高低情況而異。57—58二年田內外氣溫比較如表三。（參閱圖二）

表三、田內外氣溫因冷暖與蔗株高低不同比較表

（單 位0.1°C， 9 時觀測值平均）

月		別	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2 (20日止)
田外大氣氣溫	高度150 cm	57—58年	232	273	284	290	291	278	251	228	207	185	167
		58—59年	243	281	281	305	292	281	252	210	169	156	169
		差	+11	+8	−3	+15	+1	+3	+1	−18	−38	−29	+2
	高度50 cm	57—58年	232	273	283	289	290	277	251	227	207	184	167
		58—59年	242	280	280	304	290	279	250	208	168	151	171
		差	+10	+7	−3	+15	0	+2	−1	−19	−39	−33	+4
									（負值顯示58—59年冬較冷）				
田內比田外高低(+)(−)	57/58 春植田	150 cm	+5	+6	+6	+4	−1	−1	−6	−8	−9	−6	−5
		50 cm	+7	+7	+3	+2	−3	−5	−12	−14	−15	−7	−9
	58/59 宿根田	150 cm	+4	+4	+4	+3	0	−4	+3	+3	+3	+5	+9
									（蔗 株 倒 伏）				
		50 cm	+7	+7	+4	+3	−4	−7	−1	−2	+1	0	−3

3. 田內外氣溫日變化比較——**田內外差別上午大、下午小。**

通常上午氣溫上升，田內因受蔗株蔭蔽，其氣溫升高較遲慢，較之田外大氣落後，田內外氣溫差必大，至午後田外大氣已升溫至最高，再開始下降，而田內氣溫因落後關係仍在上升，此時田內外氣溫差必小，以9時觀測值代表上午，14時觀測值代表下午，比較田內外氣溫差列如表四。（參閱圖三）

表四、上下午田內外氣溫差比較（秋植蔗田）

田內氣溫比田外高（+）
田內氣溫比田外低（−）　　單位 0.1°C

月		別	56年 10	11	12	57年 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	58年 1	2 (20日止)
上午(9時)	田間高度	150 cm	+2	+1	0	+1	+3	+6	+5	+7	+4	−4	−13	−13	−16	−20	−18	−9	−10
		50 cm	+3	+1	0	+4	+3	+7	+5	+4	−5	−11	−16	−16	−21	−24	−21	−8	−12
下午(14時)		150 cm	0	−6	−11	−7	+2	+1	+2	+4	+7	+3	−5	−6	−8	−8	−7	−3	−3
		50 cm	+3	−2	−5	−2	−1	−1	+2	−1	+2	−5	−9	−14	−17	−18	−16	−11	−11

由表（四）資料比較，約自 5 月以後，秋植蔗已爲伸長期及成熟期，蔗株已高大，田內外氣溫差下午均比上午小。4 月以前，蔗株尙小而稀疏爲分蘗期（至 4 月蔗株葉頂始高達 1m），田間尙多裸露，田外則爲草地上情況，上午田內氣溫上升快，田內比田外高（表四上午欄5 月以前均爲正值）。下午則田內最高溫似已過，而田外則仍在升溫中，故田內氣溫有比田外低者，此與後期蔗株高大時田內氣溫較低之情況不同。

一日內氣溫變化比較，在蔗田內蔗株成長以後，日間多較田外爲凉，夜間則較田外爲暖。一般情形，日出後氣溫開始上升，原來夜間田內暖，田外冷之情況即開始變爲相反，呈田外暖，田內凉之情況，照理論日出後日射增加最快在 7—9 時，故氣溫上升亦約以此時間最速，而田內氣溫因受蔭蔽升溫較緩，故田內外氣溫差距應以 7—9 時爲最大。10時以後至最高溫度時，氣溫升變已平緩，而田內氣溫因升溫落後此時仍逐漸增高，故田內外氣溫差距必漸小。至午後氣溫下降，而田內氣溫下降較緩，終又轉成田內暖而田外冷之情況，故田內氣溫日凉夜暖，日變化比田外小。

以平均最高氣溫與平均最低氣溫之差表示平均日變化，田外大氣冬季日變化可達 12°C，夏季約 6°C。蔗田內則冬季僅 9°C，夏季 4～5°C，均小於田外。各月最高最低及日較差值比較列如下表五：（參閱圖四）

表五、田內外最高最低氣溫及較差值比較（秋植蔗田 °C）

月別			57年 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	58年 1	2 上旬	2 中旬	註
150 cm 高度	田外	最高	23.4	18.4	24.7	27.2	29.9	29.8	31.0	31.4	30.5	28.7	27.1	26.0	24.6	19.0	26.9	
		最低	11.3	10.5	15.3	17.7	21.8	23.5	24.6	24.7	23.6	19.4	16.2	15.1	14.4	10.5	15.0	
		較差	12.1	7.9	9.4	9.5	8.1	6.3	6.4	6.7	6.9	9.3	10.9	10.9	10.2	8.5	11.9	①
	田內	最高	22.3	18.2	24.6	27.4	30.0	30.5	(31.3)	(30.2)	29.5	27.5	26.8	(25.1)	(24.1)	18.5	26.4	( ) 有缺漏
		最低	12.8	11.4	16.8	19.4	23.1	25.1	(26.0)	(25.4)	24.4	21.3	19.4	(17.5)	(16.8)	12.2	17.4	
		較差	9.5	6.8	7.8	8.0	6.9	5.4	5.3	4.8	5.1	6.2	7.4	7.6	7.3	6.3	9.0	②
	田外較差比田內高		2.6	1.1	1.6	1.5	1.2	0.9	1.1	1.9	1.8	3.1	3.5	3.3	2.9	2.2	2.9	①—②
50 cm 高度	田外	最高	23.1	18.9	25.2	27.9	30.5	30.3	31.4	31.7	30.7	28.9	27.5	26.5	25.0	19.4	27.5	
		最低	10.9	10.3	15.1	17.7	21.6	23.3	24.4	24.3	23.2	18.8	15.3	14.2	13.6	9.7	13.9	
		較差	12.2	8.6	10.1	10.2	8.9	7.0	7.0	7.4	7.5	10.1	12.2	12.3	11.4	9.7	13.6	③
	田內	最高	23.0	18.5	25.2	27.5	30.4	30.5	30.3	29.9	28.8	26.6	25.6	24.4	23.5	(17.8)	25.7	( ) 有缺漏
		最低	11.5	10.9	14.5	16.6	21.3	23.7	25.4	25.7	24.2	20.6	18.5	16.5	16.1	(10.8)	16.0	
		較差	11.5	7.6	10.7	10.9	9.1	6.8	4.9	4.2	4.6	6.0	7.1	7.9	7.4	7.0	9.7	④
	田外較差比田內高		0.7	1.0	−0.6	−0.7	−0.2	+0.2	2.1	3.2	2.9	4.1	5.1	4.4	4.0	2.7	3.9	③—④
上下層較差值比較	下層較大(+) 小(−)	田外	0.1	0.7	0.7	0.7	0.8	0.7	0.6	0.7	0.6	0.8	1.3	1.4	1.2	1.2	1.7	③—①
		田內	2.0	0.8	2.9	2.9	2.2	1.4	−0.4	−0.6	−0.5	−0.2	−0.3	0.3	0.1	0.7	0.7	④—②

表（五）所列係秋植蔗田自57年1月至58年2月20日期間之情況。可顯示田內外氣溫日較差變化與蔗株高度之關係：

⑴ 1～2月秋植蔗株尚幼，株高多不及 50cm，惟其對地面覆蓋作用已顯，田間蔗株頂上方氣溫日變化比田外（淺草地）大氣氣溫日變化爲小（見表五③—④，①—② 1～2 月均爲正值）

⑵ 3～5 月蔗株頂高約 1m（至 5 月底蔗株頂高 176cm、莖高 105cm），此時在 50cm 高度約爲蔗葉下垂，株葉密佈區，田間 50cm高度氣溫正受接近株葉之幅射影響，其變化較無株葉之田外大氣變化值爲大（見表五③—④ 3～ 5 月爲負值）。

⑶ 6～7 月蔗株頂高約 250～300cm，此時在 150cm 高度爲蔗葉多而密佈區，惟其下層空氣受蔭蔽影響已顯，田間氣溫日變差原已較田外小，故 150cm 高處日較差雖應增大，但仍比田外小，惟已與田外變化值接近， 6 月田內變差僅比田外低 0.9°C， 爲全蔗期各月差距之最小者，其受蔗株生長影響至明。（見表五①—② 6～7 月值比各月小）。

⑷ 8 月以後蔗株已高，田間無論 150cm 或 50cm 均已受蔭蔽，其氣溫日較差均遠比田外爲小。（見表五①—②，③—④ 8 月以後）。

⑸ 氣溫日變化通常愈近地面之下層較大，上層變差較小， 即 50cm 高處氣溫日較差應比 150cm 高處者大。又冬季氣溫日較差本大於夏季（見表五①及③各月比較），故冬季日較差上下層之差別亦比夏季爲大（見表五③—①）。

⑹ 57年 1～2 月與 58年 1～2 月比較，因 57年較冷而 58年較暖（見表五 57年 1、2 月最高最低氣溫值均較 58 年低）。冷時下層近地面氣溫降低最甚，氣層上下俱冷之情況易使空氣穩定，故變差小。比之 58 年較暖情況時，下層空氣易暖，上下層冷暖變化大，故其上下層日較差之差別亦大。（見表五③—① 57年 1、2 月爲 0.1 及 0.7，58年 1、2 月爲 1.2 1.7°C）。

⑺ 蔗田間氣溫日變化上下層之比較須視蔗株伸長情況而定， 3～5 月田間 50cm 高處，正爲蔗葉最多之高度，其氣溫日較差比其上層（150cm處）高出最多，（見表五 ④—② 3～5 月值最大）。7 月起蔗株伸長，在 150cm 高處始爲株葉最密區， 其氣溫日較差自應比下層（50cm處）在蔭蔽情況下者爲大(見表五 ④—② 7～10 月爲負值)。至 11 月以後蔗株已高達 440cm，此時 50cm 及 150cm 高均已屬處蔗株蔭蔽之下， 又仍以下層（50cm）日變差比上層（150cm）略大。（見表五④—②12月以後）

4. 田間氣溫之逆溫現象——**逆溫層隨蔗株逐漸向上伸展**

通常氣溫均自地面向上遞減， 除極接近地表薄層係呈極不穩定之特殊情況外， 自離地面 50 cm 起向上氣溫遞減， 50～300cm 間氣溫遞減率(Lapse Rate)究竟如何，因乏精密觀測資料，惟估計在此短氣層內，氣溫差別必甚微小，僅冬季晨間地面特冷時可能間有逆溫現象(Inversion) 出現，其餘時間氣溫均應向上遞減。

田間空氣自植蔗後，初期地面多裸露，日間反輻射强，下層空氣易增暖，應爲一般向上遞減之情況。至蔗株伸長至約 2 m 時（秋植蔗約在 5 月，春植及宿根蔗約 6 ～ 7 月），田間空氣下層蔭涼，上層反暖，開始出現逆温情況。氣温之最暖層自地面逐漸隨蔗株伸長而向上提高，逆溫現象亦逐漸由下向上伸展，以田間每隔 50cm 氣溫值比較，自 50cm 高處起向上至 100， 150，200，250， 300cm 各層間氣溫垂直變化差異列如表六，分上午、下午情況比較，上午以 9 時觀測各層氣溫值比較，列如表六（A），下午以 14時觀測值比較，列如表六（B）。

（參閱圖五）

表六（A）田間氣溫垂直變化比較

（9時，上午情況）°C

月別			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2（20日止）
57/58秋植蔗田	向上氣溫差		+0.5	−0.2	−0.2	−0.2 / 0	−0.4 / +0.3	+1.2	+1.5	+1.7	+1.5	+1.3	+1.4	+1.0	+0.3	+0.6
	最暖層	溫度	16.2	13.4	20.7	23.7	28.0	28.9	29.3	29.1	27.6	24.3	21.7	19.6	17.9	16.1
		（高度cm）	(300)	(50)	(50)	(150)	(150)	(300)	(300……							……300)
57/58春植蔗田	向上氣溫差				−0.3	−0.3	−0.4	−0.6 / +0.5	−0.4 / +0.5	−0.1 / +0.4	−0.1 / +0.8	+1.3	+1.8	+1.3	+0.6	+1.3
	最暖層	溫度			20.7	23.9	28.0	29.0	29.4	29.2	28.0	25.2	23.1	20.5	18.3	17.1
		（高度cm）			(50)	(50)	(50)	(150)	(150)	(200)	(200)	(300……				……300)
58/59宿根蔗田	向上氣溫差					−0.2	−0.4	−0.3 / +0.1	−0.3 / +0.1	−0.1 / +0.7	−0.3 / +1.0	−0.4 / +1.0	−0.4 / +1.1	−0.2 / +0.9	−0.2 / +0.8	−0.2 / +1.5
	最暖層	溫度				24.9	28.7	28.5	30.8	29.3	28.2	25.9	21.7	17.8	15.9	18.3
		（高度cm）				(50)	(50)	(150)	(150)	(200……						……200)

說明：1. 向上氣溫差（−）爲向上遞減，（+）爲向上逆增，即逆溫現象。

2. 短橫線表示最暖層，短橫線以下數字爲由 50cm 向上至最暖層間溫度差，以上爲最暖層向上至 300cm 高之溫度差。

由表六（A）可見 57/58 年期秋植及春植蔗田氣溫之最暖層均係由下（50cm）向上隨蔗株伸長而逐月向上抬升，（秋植蔗田 57年 1 月尙爲幼蔗，最暖層在 300cm 其逆溫係一般大氣冬季逆溫情況）。秋植蔗田氣溫最暖層 3～4 月由 50cm 升至 150cm，6 月升至 300cm，春植蔗田 6 月起最暖層由 50cm 升至 150cm，8 月升至 200cm，10月升至 300cm，亦即逆溫現象逐漸向上發展。

58/59年期宿根蔗田最暖層僅升至 200cm 高，係因 58年 9.26 艾爾西及 10.2 芙勞西二颱風影響，蔗株倒伏，株高反而降低所致，僅 200cm 以下有逆溫現象，200cm 以上蔗葉蔭蔽影響減弱，仍爲同一般大氣向上氣溫遞減之情況。

午後較熱，逆溫較不顯著——逆溫現象如下層空氣增熱，即不易維持。在一日內至下午田間氣溫亦升高，逆溫現象較不顯著，以 14時測定各高度氣溫值，比較其垂直變化列如表六（B）

表六（B）田間氣溫垂直變化比較

（14時，下午情況）°C

月	別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2（20時止）
57/58秋植蔗田	向上氣温差	−0.3	−0.5	−0.5	−0.7	−0.6	−0.7	+0.4	+0.9	+1.5	+1.4	+1.5	+1.1	+1.1	+1.1
	最暖層 温度	22.1	17.6	24.2	27.0	29.3	29.7	30.5	30.6	30.1	28.0	26.7	25.5	24.3	22.9
	最暖層（高度cm）	(50)	(50)	(50)	(50)	(150/50)	(150/50)	(300/150)	(300……						……300)
57/58春植蔗田	向上氣温差			−0.5	−0.6	−0.6/+0.5	−0.8/+0.8	−0.5	+0.3	−0.2	−0.2/+0.4	+0.6	+1.3	+1.3	+1.4
	最暖層 温度			24.0	26.8	29.0	29.7	30.5	30.7	30.2	28.1	26.6	25.5	24.4	23.5
	最暖層（高度cm）			(50)	(50)	(150)	(150)	(50)	(300/200)	(50)	(150)	(300/150)	(300……		……300)
58/59宿根蔗田	向上氣温差				−0.4	−1.0	−0.8	−1.5	−0.7	−0.2/+0.2	−0.3	−0.4/+0.4	−0.3/+0.6	−0.2/+0.7	−0.4/+0.7
	最暖層 温度				27.4	30.2	30.2	33.6	31.6	29.9	28.6	26.1	24.0	22.1	25.2
	最暖層（高度cm）				(50)	(50)	(50)	(50)	(50)	(200)	(50)	(100)	(200)	(200)	(150)

說明：1. 向上氣温差，（−）為向上遞減，（+）為向上逆增。

2. 短橫線表示最暖層，短橫線以下數字爲由 50cm 向上至最暖層間温度差，以上爲最暖層向上至300cm 高之温度差。

由表六（B）可見，秋植蔗田因蔗株較高大，田間下層空氣於午後亦不致太熱，逆溫現象尚顯，惟延至7月始有逆溫出現（7月以前蔗株尚不够高大，上午情況4～5月即可出現逆温，見表六（A），下午情況7月以前無逆溫）。春植及宿根蔗田因蔗株較矮小，下午情況下層氣温易升，逆溫難於生成，須至9～10月以後始有逆溫出現。58/59宿根蔗更因9～10月颱風倒伏影響，逆溫現象更不顯著，亦僅能及於200cm高度，比上午9時情況減弱甚多。

14時爲一日最熱時間，蔗田間亦尚能出現逆温，故就一日內其他時間與平均情況而言，田間氣温垂直變化普遍呈逆温現象當無疑問，且甚顯著。

㈢ **蔗田地溫**

1. 田內外地溫比較——**田內地溫較低**。

田內植蔗初期，土壤經開畦翻動，較爲疏鬆，與一般觀測地温之土壤經年未翻動者不同。至蔗株生長後，田內地溫即開始受蔭蔽及蔗根生長之影響，無論植蔗初期後期，田內各層地溫概比田外一般地溫爲低。

入冬以前，蔗莖增長，田內地溫愈涼——植蔗初期適爲台灣南部旱季（秋植11～4月，春植及宿根蔗3～5月），蔗田土壤經灌溉後（或雨後）植蔗，平均地溫皆比田外低，但差異不大，約1～2°C 。至蔗株伸長，秋植蔗田自5月起，春植及宿根蔗田自7～8月起，田內外地溫差異即告顯著，近地面層可差約5°C， 並隨蔗株伸長差異亦增大，至10月差異達最大，10月以後蔗株生長已少，時入冬季，溫度轉涼，田間地溫反有因蔗株覆蓋漸有保溫作用，其比田外地溫較低之情況反漸小。田內外各月地溫比較列如表七。（參閱圖六）

表七、蔗田內外地溫比較表

（0.1°C，9 時觀測值）

深度 Cm	57年2月		57年5月			57年7月			57年10月			58年1月		
	田外	秋植	田外	秋植	春植	田外	秋植	春植	田外	秋植	春植	田外	秋植	春植
0	150	145	333	287	314	317	273	292	271	222	223	213	174	169
5	147	134	297	256	283	305	269	285	258	216	225	203	170	168
10	147	142	278	254	266	292	271	277	249	223	224	205	182	170
20	155	151	271	252	270	288	269	280	252	226	226	216	187	172
30	172	140	275	242	276	297	256	283	262	218	238	225	186	189
50	187	161	272	253	286	295	273	292	270	235	242	233	190	188
100	201	188	260	244	258	285	262	277	272	244	252	236	203	199
0	田內比田外高低(+)(−)	−5	田內比田外高低(+)(−)	−46	−19	田內比田外高低(+)(−)	−44	−25	田內比田外高低(+)(−)	−49	−48	田內比田外高低(+)(−)	−39	−44
5		−13		−41	−14		−36	−20		−42	−33		−33	−35
10		−5		−24	−12		−21	−15		−26	−25		−23	−35
20		−4		−19	−1		−19	−8		−26	−26		−29	−44
30		−32		−33	+1		−41	−14		−44	−24		−39	−36
50		−26		−19	+14		−22	−3		−35	−28		−43	−45
100		−13		−16	−2		−23	−8		−28	−20		−33	−37
蔗株頂高 cm		50		176	68		296	176		441	322		447	357

田內外地溫差隨蔗株生長而變大，蔗株愈大，田內地溫較低之差別愈大（如表七之7、10月情況，田內比田外低，負値最大）。但至冬季，天氣轉涼，蔗株較10月已無太多伸長，此時蔗株高大者，雖仍具遮陰作用，但因溫度普遍已轉涼，其蔭涼作用已不如夏秋之甚，且反有部份保溫作用，其田內地溫（尤其較淺層）之降低反較以前蔗株較矮小時爲少。（如表七58年1月秋植蔗田情況，春植蔗因生長稍遲，此時蔗株伸長比秋植蔗多，故地溫之降低仍有增多。）

2. 田間地溫之年變化——**上層大，深層小。**

田間地溫均以5～7月爲最暖月（近地面層5月最熱，10cm 以下7月最熱），均以2月爲最冷，近地面層全年期內冷熱之較差可達16～18°C，至100cm 深年差僅8～9°C，減少一半。田間各層地溫年變化列如表八：

表八、蔗田地溫年變化比較

（最暖月—最冷月）較差 0.1°C　（9時觀測值）

年月 / 深度 cm	田　外 56.10—58.2	秋植蔗田 56.10—58.2	田　外 57.3—58.2	春植蔗田 57.3—58.2	田　外 58.4—59.2	宿根蔗田 58.4—59.2
0	(333—150) 183	(311—145) 166	(333—188) 145	(314—153) 161	(349—183) 166	(328—151) 177
5	(305—147) 158	(269—134) 135	(305—180) 125	(285—151) 134	(325—168) 157	(304—146) 158
10	(293—147) 146	(271—142) 129	(293—178) 115	(277—153) 124	(310—173) 137	(286—152) 134
20	(289—155) 134	(269—151) 118	(289—190) 99	(280—155) 125	(299—188) 111	(287—160) 127
30	(297—172) 125	(262—140) 122	(297—201) 96	(283—172) 111	(306—204) 102	(292—165) 127
50	(296—187) 109	(278—161) 117	(296—215) 81	(292—173) 119	(309—214) 95	(296—174) 122
100	(287—201) 86	(280—188) 92	(287—213) 74	(277—191) 86	(297—219) 78	(282—185) 97
0	地溫年較差田內比田外 大(+) 小(−)	− 17		+ 16		+ 11
5		− 23		+ 9		− 1
10		− 17		+ 9		− 3
20		− 16		+ 26		+ 16
30		− 3		+ 15		+ 25
50		+ 8		+ 38		+ 27
100		+ 6		+ 12		+ 19

（58年2月，59年2月均至20日止）

秋植田內夏涼冬不太冷，年變小，春植及宿根田內夏不太陰涼而冬冷，年變大——由表八不同蔗田比較，秋植蔗田年變化比田外小，春植及宿根蔗田則比田外大。蓋秋植蔗較高大，蔭蔽影響強，其夏季最熱月地溫受蔭蔽不易升高，而冬季最冷月在秋植蔗而言係經過 56～57年及 57～58年兩次冬期，56～57年時蔗株尚幼小，影響地溫少，田內地溫降低不多，57～58年冬季秋植蔗雖已較夏季伸長，但就株高變化及其相對影響程度比較，秋植蔗冬夏差別遠不及春植或宿根蔗冬夏差別之大。茲以 7 月至 1 月秋、春植蔗株伸長比較，春植蔗增長比率較秋植蔗大一倍：

秋植蔗 7 月株高 296cm， 1 月株高 447cm，增長 151cm，約增　50%

春植蔗 7 月株高 176cm， 1 月株高 357cm，增長 181cm，約增 100%

且冬季本已較冷，蔗株蔭蔽使田內地溫降低效應本已較夏季爲小，故秋植蔗田地溫與田外地溫相比較，夏季較涼而冬不太涼（即冬季相對的降溫少），其年變化比田外年差小（見表八下欄秋植蔗田爲負值）；惟此種因植蔗之地溫影響在深 50cm 以下即已不顯。

春植及宿根蔗田以蔗株伸長較遲，與秋植蔗相反，由夏至冬蔗株伸長多，影響地溫亦逐漸增大，呈夏季時地溫降低少而冬季反多，亦即夏僅略涼而冬較冷甚多，故其田間地溫年較差比田外爲大（見表八下欄，春植及宿根蔗田年較差比田外大，均多爲正值）。

3.　田間地溫日變化——**一般地溫日變冬天大，夏天小，上層大，深層小。**

地溫因無夜間或全日各時觀測資料，難窺見其日變化之全貌；惟由平均上午（9時）與下午（14時）之地溫差，略可推見其日變化之一部份。

一般氣候情況，溫度日變化均夏小冬大，地溫亦同，蔗田地溫因植蔗後變差減小，惟在 30 cm 以下深層溫度穩定變化小，蔗根影響亦不太大，無論田內外地溫日變差均甚小，由簡略觀測資料，尚無法對較深層作精細比較，玆僅以 30cm 以上 14 時與 9 時測得地溫值之差，代表地溫全日變化之部份情況，比較田內外資料列如表九（A）

表九（A）地溫日變差比較

（14時值－9 時值） 0.1°C

深度 cm	田外地溫日變差 57年1月	5	7	10	58年1月	秋植蔗田地溫日變差 57年1月	5	7	10	58年1月	春植蔗田地溫日變差 57年5月	7	10	58年1月
0	172	107	46	72	150	133	46	29	25	49	113	38	30	44
5	128	86	55	67	111	90	39	28	19	32	90	40	25	29
10	58	67	45	52	55	65	28	20	14	17	63	33	20	19
20	17	24	18	22	15	19	15	12	6	5	24	13	13	8
30	1	7	3	3	1	4	2	8	0	0	6	6	5	1
蔗株頂高 cm						<50	176	296	441	447	68	176	322	357
0	田內日變差 比 田外日變差 大（+） 小（−）					−39	−61	−17	−47	−101	+6	−8	−42	−106
5						−38	−47	−27	−48	−79	+4	−15	−42	−82
10						+7	−39	−25	−38	−38	−3	−12	−32	−36
20						+2	−9	−6	−16	−10	±0	−5	−9	−7
30						+3	−5	+5	−3	−1	−1	+3	+2	±0

田間地溫日變，夏天小，冬天不大，甚至反減小—30cm 以上地溫日變化冬大夏小，如表九（A）田外情況 1 月爲 15.0°C，17.2°C，7 月僅 4.6°C。田間因植蔗後地溫日變差均減小，蔗株愈長大，其對地溫影響力亦愈增，表九（A）內秋植蔗田 57年 1 月（幼蔗）與 58年 1 月（成熟蔗）地溫日變差比較，後者（4.9°C）僅爲前者（13.3°C）之 1/3。而田外地溫日變差57年 1月（17.2°C）與 58年 1 月（15.0°C）相差無幾。故田內地溫日變化由夏至冬照一般氣候本應增大，植蔗後不僅不易增大，或僅略增，甚至可反而減小。

一般氣候冬夏日變化之差異，田間已受重大影響而改變，惟在 20cm 深以下影響漸不顯著，深度愈淺，田內外差別愈大，玆將兩年期田內外地溫日變差冬夏差別比較列如表九（B）：

表九 (B) 田內外地溫日變差冬夏比較表

(14時值－9時值) 差值 0.1°C

深度 cm		5 cm			10 cm			20 cm		
田內外＼冬夏		夏 7 月 (14~9時)差	冬 1 月 (14~9時)差	7→1月 增減 +－	夏 7 月 (14~9時)差	冬 1 月 (14~9時)差	7→1月 增減 +－	夏 7 月 (14~9時)差	冬 1 月 (14~9時)差	7→1月 增減 +－
57／58年期	田外	(360–305) 55	(314–203) 111	+56	(337–292) 45	(260–205) 55	+10	(306–288) 18	(231–216) 15	－3
	秋植田	(297–269) 28	(202–170) 32	+4	(291–271) 20	(199–182) 17	－3	(281–269) 12	(192–187) 5	－7
	田內較小	27	79	+52	25	38	+13	6	10	+4
58／59年期	田外	(392–325) 67	(270–168) 102	+35	(369–310) 59	(242–173) 69	+10	(328–299) 29	(206–188) 18	－11
	宿根田	(356–294) 62	(180–146) 34	－28	(332–286) 46	(174–152) 22	－24	(316–287) 29	(168–160) 8	－21
	田內較小	5	68	+63	13	47	+34	0	10	+10

由表九 (B) 可見田外地溫日變差均冬大夏小。惟至 20cm 深即已相反 (夏 1.8°C > 冬 1.5°C)。蔗田間地溫日變差由夏至冬大多減小，僅秋植蔗田 5cm 深略增 (2.8→3.2, +0.4°C)，惟其與田外之差距仍極大 (5cm 冬 1 月田內比田外小 7.9°C， 爲諸值之最大者)，足見田間植蔗後影響地溫日變差減小之顯著。

(三) 蔗田內照度

1. **田間照度觀測難準確**——照度觀測係以光電池一個連配於電表上，製成簡單照度表一具使用，人爲觀測時儀表不易確保水平，稍偏斜向陽或背陽即有頗大差異，且時間前後數分鐘內遇有浮雲飄移，即有顯著陰晴不同之照度差異。蔗田內更因蔗葉陰影飄動，光電池上或遮或露，感光即有甚大差異，故僅能以概略平均情況比較之，不宜斷定其詳確數值。

2. **田內照度銳減**——兩年來觀測田外照度最強時估計約爲 12,000 fc， (呎燭光 Foot-Candle)，月平均以 5 月 6,840 fc 爲最高， 1～2 月 1,100 fc 爲最低。田內照度自蔗株生長後迅即減低，秋植田自 2 月起春植及宿根田自 5 月起即比田外減少一半。秋植田至 5 月，春植及宿根田 7 月起，田內地面照度已僅及田外之十分之一 (10%) 以下。10月以後，田內地面完全陰暗，照度幾近於零。

3. **蔗田株頂上方照度反較大**——田間照度在蔗株頂上方觀測，可能因反射或較高無遮阻關係，所測得照度約比田外地面高 10%左右。例如 58 年宿根蔗田在 300cm 高處照度約比田外地面高出一成。雖 9月下旬宿根蔗田受颱風倒伏， 300cm 高處仍均比田外地面高，(58年 8月宿根蔗株頂高 318cm， 9 月倒伏後降低，至 12月始再升至 320cm)，平均約多 10%左右。

4. **蔗株頂下 1.5m 照度減半**——田內照度大致在蔗株頂部以下 1～ 1.5m 範圍內，仍能維持爲田外之一半 (50%) 左右，在此層以下則照度迅速減小。田內外照度比較如表十：

表十、田內外照度比較表 （%）

（9時觀測值比較）

年期		高度 cm ＼ 月別	12月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2（20日止）
57/58年期	秋植蔗田	300	田外＝100								76	36	18	6	4	6	6
		250	田內指數							73	53	14	7	2	2		
		200								50	19	5	2	1			
		150							37	21	4	2	1				
		100						88	12	9	2	1					
		50				91	84	65	6	3	2	1					
		0	85	70	51	47	23	16	3	2	1	1					
	春植蔗田	300	田外＝100											59	30	39	52
		250	田內指數									90	61	27	15	17	25
		200									83	67	25	9	7	8	9
		150									58	26	10	4	5	5	5
		100								73	46	14	5	3	3	3	3
		50								53	16	6	3	2	2	2	2
		0								42	8	3	2	2	1		
	田外	0	2,680	2,680	2,770	4,150	6,200	6,840	5,100	5,000	2,990	3,160	3,550	2,580	1,360	1,070	1,150 fc
58/59年期	宿根蔗田	300	田外＝100						116	101	107	104	110	97	108	111	112
		250	田內指數						96	86	93	70	88	85	77	93	98
		200							87	71	59	24	58	57	41	58	57
		150					110	102	67	48	19	10	26	20	20	27	30
		100					95	93	43	19	8	5	13	14	13	18	19
		50					86	86	26	8	4	4	11	11	10	12	12
		0					79	79	18	4	3	3	6	7	7	8	7
	田外	0					2,950	3,100	3,340	4,150	3,690	1,660	3,960	2,850	2,090	1,860	2,240 fc
	蔗株頂高 cm						113	174	238	268	318（倒伏）		307	319	321	321	321

(四) 蔗田內空氣濕度

1. **田內濕度夏大春小**——空氣濕度以近地面最大，向上漸小，各高度均以夏季8月最大，(58年9月最大係因颱風影響），平均相對濕度約 90%，春季最小，3～4月平均多在 70%左右。

2. **田內濕度初期小於田外，後期大於田外，與氣溫情形相反**——田內外空氣濕度比較，似與氣溫相反。比較田內外各層相對濕度列如表十一，秋植蔗田6月以前，春植及宿根蔗田8月以前，田內遮陰尚未盛，氣溫較高，相對濕度均低於田外（表十一均爲負值）。此期以後，蔗株覆蔭影響已著，田內氣溫轉低，加以蔗株葉面亦有蒸發，故相對濕度增大，高於田外（見表十一，6～8月以後爲正值）。

3. **田內濕度下層大，上層小**——田間濕度下層（50cm）較高，上層（150cm）較低，亦即田內外比較，50cm負值較小，正值較大，由表（十一）50cm差值與150cm差值比較，即可區別。（參閱圖七）

表十一、田內外相對濕度比較　（%）

（9時觀測值平均）

田別		月別	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2（20日止）
57/58年期	秋植蔗田	150 cm	−3	−1	−1	−5	−4	−4	−5	−4	−1	+2	+9	+7	+9	+10	+7	+2	+3
		50 cm	−1	0	0	−2	−3	−2	−2	0	+5	+5	+11	+8	+12	+11	+8	+2	+5
	春植蔗田	150 cm		田內比田外 高(+) 低(−)				−5	−6	−5	−7	−5	+2	+2	+5	+5	+6	+1	+2
		50 cm						−3	−5	−6	−3	−2	+4	+4	+8	+8	+7	+3	+6
58/59年期	宿根蔗田	150 cm							−5	−5	−1	−2	+2	+4	+4	0	−1	+2	+6
		50 cm							−4	−4	−1	−1	+5	+7	+5	+5	+3	+2	+3

(五) 蔗田蒸發：

1. **初期略大，至夏減至田外之 1/4**——植蔗初期，田間地面多裸露，溫度易增高，蒸發量觀測比田外草地情況略高或甚接近，秋植蔗田自11月（種植後三個月）以後，春植及宿根蔗田自5月以後，田內蔭蔽漸顯，田內蒸發開始比田外小，秋植田至4月以後，春植及宿根田6月以後，田內蒸發已僅及田外之一半。夏季中溫度雖高，蒸發應盛，但正爲潮濕雨季，田內蔗株掩覆下，濕度更大，蒸發量減小至只及田外量之 1/4 左右。

2. **入冬略增至田外之½，全期平均約減半**——自10月以後，雨季已過，空氣較乾，田內蒸發量亦略回增至田外量之 1/3。入冬 12～1月，冬季風轉盛，田間下層蔗葉亦較稀，通風較強，田內蒸發量可再增至田外量 1/2 左右。以一作甘蔗全植期比較，田內蒸發總量約爲田外量之一半（51～54%）。各月田內外蒸發量列如表十二。（參閱圖八）

表十二、蔗田內外蒸發量比較

（平均每天公厘 mm/day）

田別		月別	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2*	全期總量 m.m.
57/58年期	田外		5.3	4.1	3.7	4.1	3.0	4.5	5.6	6.1	4.5	4.9	4.7	4.8	4.7	4.5	4.2	4.1	3.9	2,302.6
	秋植	田內	5.8	3.8	3.2	3.0	2.0	3.3	2.9	2.3	0.9	0.9	0.7	1.0	1.6	1.6	1.9	2.1	1.9	1,172.5
		對田外%	109	91	87	74	65	73	52	37	20	19	16	22	34	36	46	50	47	51%
	春植	田內						4.5	5.8	5.8	2.8	2.0	1.2	1.2	1.4	1.4	1.5	1.4	1.4	911.4
		對田外%	(田外總量 1,683.0mm)					100	104	92	63	40	24	25	31	31	36	35	36	54%
58/59年期	田外								5.1	6.2	4.4	6.3	5.7	(5.1	4.9)	4.0	3.8	3.8	5.1	1,510.4
	宿根	田內							5.2	5.2	1.9	2.8	1.6	(1.4	1.5)	1.8	1.8	2.0	2.4	792.7
		對田外%							103	83	44	44	29	(35	31)	44	48	53	48	51%

說明： * 2月至20日止。

( ) 58年 9. 10月颱風侵及諸日均未計入。

3. **田間蒸散大，蒸發小**——由田內地面測得蒸發量之銳減，足見田內水份大部份均轉由蔗株葉片蒸散，蔗田內下層空氣通風不暢，蔭涼而有逆溫現象（見上述㈠4節），氣層穩定，並不適於水份蒸發。

4. **成熟期秋植蔗田蒸發多於春植蔗田**——秋植蔗比較高大，入冬後其田間下層蔗葉反較春植蔗爲稀（春植生長較遲），其通風情形較春植田略强，故秋植田10月以後蒸發量均高於同時期之春植蔗田（見表十二秋植 1.6～2.1，春植 1.4～1.5mm/日）。

㈥ 土壤有效水份：

1. 田內外比較——**田內較低**。

30cm深以下土壤水份已甚少變化，全年各月平均多在80%以上。植蔗後之土壤，其深層大多比未植蔗者水份略高，當係受蔗根吸水之影響。惟在 30cm 以上淺層則田內土壤水份變化較大，植蔗初期（5月以前），正值旱季，蔗田需水多施灌溉，土壤水份大多較田外高，約自 6 月起，田內土壤水份即開始比田外低，蔗株愈長大， 田內外相差亦愈增大，迄至 12～2 月蔗株成熟，20～30cm 深處田內外土壤水份差距最大。此時已入旱季，蔗株高大需水多，30cm 以上土壤爲蔗根密佈區，耗水最多，田內並尚增灌溉一次，但其土壤水份平均仍遠低於田外，田內外差達最大。田內外土壤水份比較如表十三。

表十三、田內外土壤有效水份(%)比較

深 cm ＼ 月		57年 3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	58年 1	2月*
春植蔗田	5	84	76	53	89	63	92	85	72	13	33	15	26
	10	83	83	59	89	74	90	84	76	16	34	19	24
	20	88	88	68	94	88	94	91	83	19	37	20	25
	30	87	89	90	96	97	98	98	95	85	72	40	26
	50	82	84	87	93	98	98	98	97	89	90	89	89
	100	89	93	94	99	100	100	100	100	100	100	98	95
灌溉		△	△	△							△		
田內比田外高低(+)(−)	5	+18	+11	+14	−3	−24	−2	−4	−16	−46	−5	−2	−33
	10	+4	+4	+4	−2	−17	−5	−9	−14	−62	−37	−24	−47
	20	+3	+7	−5	+5	−3	+2	+1	−7	−61	−40	−53	−50
	30	−1	+4	+6	+3	+1	+3	+4	+1	−2	−10	−41	−59
	50	−4	−5	−2	−3	+1	0	+2	+2	+3	+4	+6	+7
	100	+2	+3	+2	+7	+5	+5	+5	+2	+5	+8	+12	+10

深 cm ＼ 月		58年 4	5	6	7	8	9	10	11	12	59年 1	2月*
宿根蔗田	5	75	62	87	22	61	62	67	39	13	12	12
	10	80	67	85	27	65	62	68	45	15	13	12
	20	84	75	89	37	70	71	86	57	20	13	13
	30	85	84	92	72	82	92	94	89	61	21	15
	50	91	94	95	98	96	98	99	95	90	84	71
	100	93	94	100	100	100	100	99	100	98	94	94
灌溉			△						△			
田內比田外高低(+)(−)	5	+8	+7	−1	−16	−5	−1	−10	+15	−7	−11	−3
	10	−9	+3	−6	−22	−12	−2	−18	−19	−45	−45	−25
	20	−17	−5	+3	−26	−7	−2	+1	−23	−58	−64	−69
	30	+9	−4	0	−13	−2	+4	+3	+3	−22	−62	−68
	50	+9	+5	+2	+10	+9	+6	+6	+9	+7	+3	+9
	100	+8	+6	+6	+6	+8	+8	+4	+23	+39	+45	+47

* 2月至20日止

2. 土壤水份年變差——田內遠大於田外

植蔗期中田內土壤雖增灌溉，其有效水份變化仍遠大於田外，惟30cm深以下田內外變化均不大，足見植蔗後30cm以內土層供給蔗株蒸散水份至鉅。以一作蔗期內土壤水份最濕月與最乾月之差視爲年變化，比較田內外情況如表十四，顯示田內年變差均大於田外，以30cm深處年變差值田內外之差距最大。

表十四、田內外土壤有效水份（%）年變化

年期	57—58年期			58—59年期	
深度 cm	田外 (最大月—最小月差)	秋植蔗田 (最大月—最小月)差	春植蔗田 (最大月—最小月)差	田外 (最大月—最小月)差	宿根蔗田 (最大月—最小月)差
5	(94—15) 79	(93—10) 83	(92—13) 79	(88—15) 73	(87—12) 75
10	(95—35) 60	(90—11) 79	(90—16) 74	(91—37) 54	(85—12) 73
20	(92—57) 35	(93—11) 82	(94—19) 75	(86—63) 23	(89—13) 76
30	(96—70) 26	(97—14) 83	(98—26) 62	(92—76) 16	(94—15) 79

3. **田內雨後40天，灌後20天，30cm土層即可變乾**——田間土壤有效水份變化，估計在蔗株近成熟情況下，每降雨後或灌溉後20～40天，30cm深處土壤有效水份均已降至50%以下，而田外土壤則僅表土較乾，10cm以下土層仍能保持有效水份在50%以上。以57年及58年10～11月情況爲例，此兩年均在10月2日以前有大雨，以後無雨或僅有微雨，各在11月中灌溉一次，田間土壤有效水份逐層變乾，在雨後40天或灌溉後20～30天，30cm以上土壤有效水份均已降至50%以下，而田外土壤則雨後40天仍能保持有效水份在50%以上，其後雖無灌溉，亦僅5cm土層變乾，10cm以下有效水份仍在50%以上。茲摘列此兩年田內外土壤有效水份變化如表十五：

(七) **田間微氣象在不同天氣情況下之差異：**

1. 分蘗期——**氣溫陰天與晴天差別大，地溫晴天較高**

秋植蔗及宿根蔗在4月以前（秋植10～1月爲分蘗前期，2～4月爲分蘗後期），春植蔗3～5月爲分蘗期，此期內蔗株最高達100cm（春植蔗約60cm），田間遮陰未甚，天氣尚未達雨季，爲乾晴多日照之天氣，田間氣溫、地溫、濕度等受天氣變化影響大，陰天與晴天所測得數值差異大，以雲量0～5爲晴天，6～10爲陰天區分之，平均晴天氣溫比陰天高4°C左右。地溫則晴天比陰天略高1～2°C，惟春植蔗田因灌溉較多（3～5月計灌溉6次），期內地溫均勻少變，甚至有陰天平均反高於晴天現象。相對濕度陰晴天差較大，約差10～15%。田間氣溫多高於田外，逆溫現象尚未構成。

2. 伸長期——**氣溫陰天與晴天差別小，地溫陰天較高**

蔗株迅速生長，秋植蔗5～10月株頂高已達440cm，春植及宿根蔗亦達300cm，此期內天氣高溫多雨，陰天時間略多於晴天，田間氣溫受蔭蔽影響，由下向上逆增（逆溫 Inversion 現象）已顯著。陰天與晴天氣溫差別甚小，約在1°C以下，遠比分蘗期之差別爲小。田間濕度增

表十五、田內外土壤有效水份（%）變化比較

深 cm \ 年月日		秋植蔗田 雨後變化 57.10.3	10.24	10.27	10.30	11.10	40天變差	秋植蔗田 灌漑後變化 57.11.18	11.29	11.30	12.3	12.6	20天變差	宿根蔗田 雨後變化 58.10.2	10.24	10.29	11.2	11.10	40天變差	宿根蔗田 灌漑後變化 58.11.14	11.24	11.27	12.2	12.12	30天變差
田內	5	96	(33)	11	11	10	−86	79	(39)	29	19	13	−66	98	(49)	24	12	10	−88	80	(46)	24	14	11	−69
	10	86	57	(25)	20	13	−73	75	52	(48)	34	22	−53	97	66	(48)	18	12	−85	80	57	(48)	27	12	−68
	20	85	78	65	(45)	12	−73	75	60	57	(48)	23	−52	100	86	80	(41)	20	−80	80	70	63	(47)	14	−66
	30	100	89	82	80	(49)	−51	50	60	58	54	(48)	− 2	100	91	91	87	80	−20	90	90	79	83	(48)	−42
田外	5	96				60	−36	55				51	− 4	97		(47)		21	−76	20				20	0
	10	96				78	−18	77				77	0	96		74		64	−32	65				62	− 3
	20	95				80	−15	80				80	0	94		80		80	−14	80				80	0
	30	95				85	−10	85				85	0	95		87		85	−10	85				82	− 3

說明

秋植蔗田（雨後變化）：① 57.9.28.—10.3 降雨 246mm ② 57.10.3.—11.10. 共 40 天無雨

秋植蔗田（灌漑後變化）：① 57.11.16. 灌漑 ② 57.11.16.—12.6 共20天 內降雨 0.5mm

宿根蔗田（雨後變化）：① 58.9.26—10.2 二次颱風，降雨 218 mm ② 58.10.3.—11.10,共40天內降雨 1.5mm

宿根蔗田（灌漑後變化）：① 58.11.12. 灌漑 ② 58.11.12—12.12,共30天內降雨 1.9mm

（　）括號表示至該日該層土壤有效水份開始降至50%以下。

高，但陰晴天之差別亦減小（平均差 6~8 %）。田間地溫反呈陰天比晴天高，當係受遮陰及多雨潮濕影響（由 9 時觀測值比較，晴天田間受蔭蔽地溫不易升高，而陰天則不易降低）。田間空氣呈穩定少變之情況，與分蘗期不同。

表十六、田間微氣象陰晴天差異比較

（雲量 0～5 晴天，6～10陰天） （9 時觀測值平均比較）

項目	差異	57/58 秋植蔗田 (晴天—陰天) 差		57/58 春植蔗田 (晴天—陰天) 差		58/59 宿根蔗田 (晴天—陰天) 差	
150 cm 氣溫 °C	分蘗期(前)	(21.0—19.2)	2.2	(24.9—23.1)	1.8	(27.0—22.7)	4.3
	分蘗期(後)	(21.8—17.3)	4.5				
	伸長期	(27.4—26.8)	0.3	(28.2—27.7)	0.5	(29.0—28.0)	1.0
	成熟期	(19.1—17.8)	1.3	(20.0—18.3)	1.7	(18.4—17.5)	0.9
20 cm 地溫 °C	分蘗期(前)	(20.8—20.8)	0.0	(22.7—23.0)	− 0.3	(24.4—22.6)	1.8
	分蘗期(後)	(19.8—18.1)	1.7				
	伸長期	(25.0—25.9)	− 0.9	(25.6—26.8)	− 1.2	(26.4—27.2)	− 0.8
	成熟期	(19.2—18.8)	0.4	(18.4—17.8)	0.6	(17.4—17.8)	− 0.4
150 cm 濕度 %	分蘗期(前)	(74— 82)	−8	(66— 79)	−13	(70— 78)	−8
	分蘗期(後)	(70— 81)	−9				
	伸長期	(81— 88)	−7	(77— 85)	− 8	(77— 82)	−6
	成熟期	(86— 87)	—1	(83— 86)	− 3	(79— 86)	−7

3. 成熟期——**氣溫陰天與晴天差別又略增大，地溫又復為晴天較高**

11月至次年 2月間蔗株已屆成熟，生長增長已甚少。如蔗株倒伏（58/59 年期宿根蔗於 9,10 月二次颱風後倒伏），株高反更降低。此期已入冬季，一般風速增大，天氣又多乾晴，蔗葉已較伸長期稀疏，田間雖仍受蔭蔽，但陰天與晴天氣溫差別比伸長期為大，約在 1～2°C 間。田間濕度除倒伏蔗田外，多穩定少變。田間地溫仍復為晴天略高於陰天，與伸長期不同，僅宿根蔗田因倒伏特甚，蔗株覆蓋作用較顯，晴天不易增溫，陰天不易降冷，仍呈陰天略高於晴天現象。各期陰晴天微氣象比較列如表十六。

(八) **田間微氣象之晝間變象：**

植蔗期間每週內選定一天自 8 時起至 16 時每隔 2 小時觀測田間氣象一次，彙集比較之，可約略得知田間微氣象之晝間變象，茲分述如下：

1. 氣溫晝間變象——**前期小，後期大，前期下層大上層小，後期上下層略同或下層稍小**

蔗株生長愈高，田間氣溫晝間變化亦愈小，至伸長期末（10月）最小，入成熟期以後，已入冬季，氣溫日變化本應增大，故晝間變象亦復增大。

以晝間各時分析，均以 8～10時變差最大，午後12～14時氣溫已達最高，或已開始下降，此時變幅最小。

蔗株伸長期係正值夏季，氣溫日變化本較小，上午8～10時氣溫迅即升高後，以後田間氣溫變差不大，夏季潮濕多雨，午間雲量即漸增多，比較 12～14 時氣溫變差為負值，表示最高氣溫多在此時間內或甚至 12時以前即已出現。

蔗株成熟期已入冬季，氣溫日變化本較大，而田間氣溫受蔭蔽，各時變差比較均勻，即8～10，10～12，12～14，14～16各時間之變差均較分蘖期及伸長期為大。其最高溫出現時間亦多落後至 14時以後始出現。（即 12～14 時氣溫尚為上升，14～16 時氣溫變差為負值，表示氣溫開始下降）。

以各高度氣溫晝間變差比較， 8～16 時間之最大振幅在分蘖期及伸長期均係下層較大，由50cm 高向上漸減小，至成熟期則反之，下層反小向上略增，且上下相差較微，當係田間蔗株覆蔭影響所致。田間氣溫晝間變象以春植蔗田為例詳列如表十七：

表十七、田間氣溫晝間變象

春植蔗田（F146）

年月	期別	田間高度 cm	各時間內氣溫變差（°C）（−降低） 8—10	10—12	12—14	14—16	晝間（8—16時）最大振幅	蔗株頂高
57 3 | 5 月	分蘖期	300	2.8	1.2	−0.2	−1.2	4.0	68 cm
		250	2.8	1.2	0	−1.2	4.0	
		200	3.0	1.1	0	−1.3	4.1	
		150	3.2	0.9	0.1	−1.3	4.2	
		100	3.2	1.2	0	−1.3	4.4	
		50	3.6	1.2	−0.1	−1.4	4.8	
6 | 10 月	伸長期	300	2.5	0.4	−0.6	−1.0	2.9	322 cm
		250	2.6	0.4	−0.5	−0.9	3.0	
		200	2.4	0.6	−0.5	−0.9	3.0	
		150	2.7	0.6	−0.7	−1.0	3.3	
		100	2.9	0.8	−0.7	−0.9	3.7	
		50	2.4	1.4	−0.7	−0.9	3.8	
57 11 | 58 2 月	成熟期	300	3.9	3.0	0.5	−1.8	7.4	357 cm
		250	4.1	2.7	0.8	−1.8	7.6	
		200	3.9	2.9	0.8	−1.8	7.6	
		150	4.0	2.9	0.6	−1.5	7.5	
		100	3.8	3.0	0.7	−1.4	7.5	
		50	3.6	2.9	0.8	−1.5	7.3	

2. 地温變象——**愈深愈小，愈至後期愈小，其升溫時間亦落後**——地温變化，愈深愈小。其晝間變化，在淺層以 8～10時升温最烈，離地愈深，地温升變最大之時間亦漸落後，至 30cm 深地温升變最大者可落後至 14～16時發生。蔗株愈長大，地温變差亦愈小，至成熟期不僅振幅減小，即在地面層其升温最烈之時間亦已由 8～10時延後至 10～12時出現。以春植蔗田爲例，各期晝間地温變象列如表十八。

表十八、田間地温晝間變象

春植蔗田（F146）

年月	期別	田間深度 cm	各時間內地温變差（°C）（－降低） 8—10	10—12	12—14	14—16	晝間（8—16時）最大振幅°C	蔗株頂高
57 3—5月	分蘖期	0	(8.1)	4.7	1.9	－3.8	14.7	68 cm
		5	4.0	(4.3)	2.8	－0.9	11.1	
		10	1.6	2.6	(2.8)	0.7	7.7	
		20	0.1	0.8	(1.6)	1.2	3.7	
		30	－0.2	0.1	0.5	(0.7)	1.3	
		50	0.1	0	0	0	0.1	
		100	0	0	0	0	0	
6—10月	伸長期	0	(4.2)	3.8	－2.7	－2.5	8.0	322 cm
		5	2.3	(2.8)	－0.4	－1.4	5.1	
		10	1.0	(2.1)	0.5	－0.6	3.6	
		20	0.2	(0.8)	0.7	0.1	1.8	
		30	0	0.2	(0.4)	－0.1	0.6	
		50	0	0	－0.1	0.1	0.1	
		100	0	0.1	0	－0.1	0.1	
57 11—58 2月	成熟期	0	2.3	(2.7)	0.4	－0.6	5.4	357 cm
		5	1.3	(1.5)	0.8	0	3.6	
		10	0.6	(0.9)	0.8	0.4	2.7	
		20	0.1	0.4	(0.5)	0.5	1.5	
		30	－0.1	0.1	－0.1	(0.4)	0.4	
		50	0	－0.1	0	0	0.1	
		100	0.1	0	0	0	0.1	

說明：（ ）括號表示該深度各時間變差最大者

3. 相對濕度變象——**伸長期最小，成熟期最大，與氣溫變差同**——相對濕度與氣溫相反，午間氣溫高相對濕度最低，早晚相對濕度較高，蔗田內亦略同，惟蔗株伸長後田間氣溫變化漸小，濕度變化亦隨之漸小，至成熟期因冬季氣溫日變本較大，故田間濕度振幅亦恢復較大，晝間濕度各時變差及振幅約同氣溫趨勢。

4. 照度變象——**蔗株愈大，照度變差愈小**——田間照度自蔗株長大後迅即銳減，愈在田內下層，全日陰暗，變化甚微，愈在上層不但照度強，日變差亦大。蔗株愈高大者，田間陰暗愈甚，照度變差愈小。故秋植蔗田照度晝間變象小於春植及宿根蔗田。茲以甘蔗成熟時田間平均照度晝間變差比較如表十九。

表十九、甘蔗成熟期田間照度晝間變差

（8—16 時內最大變差，呎燭光 fc）

高度cm ＼ 8—16時變差	秋植蔗田 57.11—58.2（株高 447cm）	指數	春植蔗田 57.11—58.2（株高 357cm）	指數	宿根蔗田 58.11—59.2（株高 321cm）	指數
田內 300	1,330 fc	26	4,620 fc	89	3,800 fc	95
250	710	14	3,500	67	3,200	80
200	240	5	2,380	46	2,050	51
150	90	2	1,350	26	1,060	26
100	50	1	820	16	500	13
50	25	0.5	300	6	330	8
0	15	0.3	190	4	190	5
田外 0 cm 8—16 時變差（最高—最低）	5,200 (6,200—1,000)	100	5,200 (6,200—1,000)	100	4,000 (5,200—1,200)	100

四、蔗田微氣象之綜合討論

由以上各項田間氣象差異比較，在一作甘蔗植期內，初期田間氣溫略高，以後均較低。地溫則田內均較低，究竟田內外差異總計達何程度，僅以一、二作試測資料，自難遽予斷定。惟由累計期內有效積溫（以超過 20°C 作有效溫度，累計成日度 Degree Day值）比較，約可窺見其梗概：

1. 氣溫積溫比較——57/58 及 58/59 兩年期 150cm 及 50cm 高度氣溫有效積溫計算如表二十。（參閱圖九）

表二十、蔗田氣溫有效積溫比較表

（9時觀測值平均＞20°C 日度值）

期別		分蘖期			伸長期			成熟期			全植期		
高度cm	起訖年月日	秋植 56.10.1 57.4.30	春植 57.3.1 ～5.31	宿根 58.4.1 ～4.30	秋植 57.5.1 ～10.31	春植 57.6.1 ～10.31	宿根 58.5.1 ～10.31	秋植 57.11.1 58.2.20	春植 57.11.1 58.2.20	宿根 58.11.1 59.2.20	秋植 56.10.1 58.2.20	春植 57.3.1 58.2.20	宿根 58.4.1 59.2.20
150 cm	田外	387	345	130	1429	1203	1511	127	127	45	1943	1675	1686
	田內	418	384	142	1327	1212	1532	48	89	52	1793	1685	1726
	田外＝100 田內指數	108	112	109	93	101	101	38	70	116	92	101	102
50 cm	田外	363	348	128	1419	1192	1479	123	123	40	1905	1663	1647
	田內	403	398	147	1216	1149	1493	36	65	35	1655	1612	1675
	田外＝100 田內指數	111	115	115	86	97	101	29	53	87	87	97	102
蔗株頂高 cm		114	68	113	441	322	307	448	357	321	448	357	320

(1) 分蘗期——**田內較多10～15%——**

田內有效積溫比田外約多 10%，50cm 高處積溫更可多達 15%。

(2) 仲長期——**秋植田內減少 8～13%，春植及宿根田略同或稍高——**

秋植蔗株高已達 4m，田間蔭涼，積溫均比田外少，下層 50cm處之減少比上層 150cm更甚（50cm 處減少 13%，150cm 處減少 8 %）。春植及宿根蔗株高度最高時始達 3m，在 150cm 處正爲株葉散佈，反輻射較强，宿根蔗更因 58 年 9 、10 月颱風倒伏，故田內積溫均甚接近或略高於田外。

(3) 成熟期——**田內減少30～70%，如蔗株倒伏或較矮則積溫較高——**

蔗株均已高大，田內積溫均大減（秋植田 50cm，減少七成）；惟 58/59 宿根蔗田一因颱風倒伏後蔗莖彎曲上長，復因58/59年冬較冷（57/58 成熟期田外積溫127日度，58/59年僅 45日度約少三倍），田間反因蔗株倒伏後之覆蓋而有保溫作用，同時因較冷，田間遮陰使氣溫降低之效果不顯著，氣溫未隨田外大氣之冷而降溫太多，故其積溫與田外甚接近， 150cm 處且反較高。（58/59 年期宿根蔗田氣溫偏高，請參閱前表三討論）。

綜論全期蔗田積溫比較，如蔗株未倒伏，其有效積溫將減少10%左右，如蔗株倒伏積溫可能不致減少太多，如宿根蔗例反能增多。

2. 地溫積溫比較——**田內減少25～50%——**

蔗田地溫比田外低（見前表七），故無論各生長期及各深度，田內有效積溫均比田外少。大致愈近地面層，蔗株愈高大者，積溫減少較多， 分蘗期仲長期約減少 20～30%，成熟期因已入冬季，田間地溫超過20°C者不多，積溫值小，相差%雖大，實差日度值甚小。

比較一植期內，秋植蔗田蔗株最高，田內外積溫差距亦最大。 58/59 宿根蔗比 57/58 春植蔗株高猶低，故積溫較高，田內外相差%最小。估計全植期內秋植蔗田地溫積溫可比田外少 600～1,000日度（少 30～50%）， 春植及宿根蔗田可減少 300～600日度（少 20～30%）。地溫積溫比較如表二十一。（參閱圖九）

表二十一、蔗田地温有效積温比較表

（9時觀測値平均，> 20°C 日度値）

期別		分蘖期			伸長期			成熟期			全植期		
深度cm ＼ 起訖年月日		秋植 56.10.1 57.4.30	春植 57.3.1 —5.31	宿根 58.4.1 —4.30	秋植 57.5.1 —10.31	春植 57.6.1 —10.31	宿根 58.5.1 —10.31	秋植 57.11.1 58.2.20	春植 57.11.1 58.2.20	宿根 58.11.1 59.2.20	秋植 56.10.1 58.2.20	春植 57.3.1 58.2.20	宿根 58.4.1 59.2.20
5	田外	563	477	185	1,682	1,383	1,828	165	165	61	2,410	2,025	2,074
	田內	369	364	150	990	1,034	1,341	9	25	0	1,368	1,423	1,491
	田外＝100 田內指數	65	76	81	59	75	73	6	15	0	57	70	72
10	田外	435	365	124	1,461	1,217	1,530	113	113	52	2,009	1,695	1,706
	田內	326	262	107	1,032	932	1,211	25	26	2	1,383	1,220	1,320
	田外＝100 田內指數	75	72	86	71	76	79	22	23	4	69	72	77
20	田外	466	349	117	1,386	1,167	1,457	203	203	120	2,055	1,719	1,694
	田內	366	300	106	1,013	956	1,263	31	27	17	1,410	1,283	1,386
	田外＝100 田內指數	79	86	91	73	82	87	15	13	14	68	75	82
30	田外	669	419	141	1,509	1,276	1,611	307	307	238	2,485	2,002	1,990
	田內	316	367	124	834	1,062	1,356	26	84	33	1,176	1,513	1,513
	田外＝100 田內指數	47	88	88	55	84	84	8	27	14	47	76	76
蔗株頂高 cm		114	68	113	441	322	307	448	357	321	448	357	321

五、結　　論

蔗田微氣象觀測爲認識甘蔗生長氣候環境，蔗田內空氣自蔗株長大後與田外自由大氣顯有不同。一般所觀測得之氣象資料與田間蔗株所接觸之氣象情況頗有不同。本報告爲將二年期來蔗田間氣象觀測資料作初步比較分析，雖因儀器設備欠精，人爲誤差亦大，但亦已獲得田內外微氣象差異之梗概與其變化之趨勢，供繼續研究改進參考。

1. 田間氣溫初期比田外高，後期則較低。蔗株愈大田內外差距愈大，至成熟期入冬以後差距又變小。

2. 田內氣溫日變化比田外小，蔗株愈大，田內外日變化差別亦愈大。

3. 田內氣溫有逆溫現象，逆溫層隨蔗株生長而逐漸升高，逆溫亦漸加强。

4. 田間地溫恆比田外低，蔗株愈大，田內外差距亦愈大，惟至成熟期入冬後差距亦略減少。

5. 田間地溫年變化，秋植蔗田比田外小，而春植及宿根蔗田則反比田外大。因植期及蔗株生長季節不同所致。

6. 田間地溫日變化與一般田外地溫日變化之冬大夏小，呈相反情況，蔗株伸高使地溫日變減小。

7. 田間照度貧弱，株頂下方 1～1.5m 處照度已減一半，以下減低更甚。

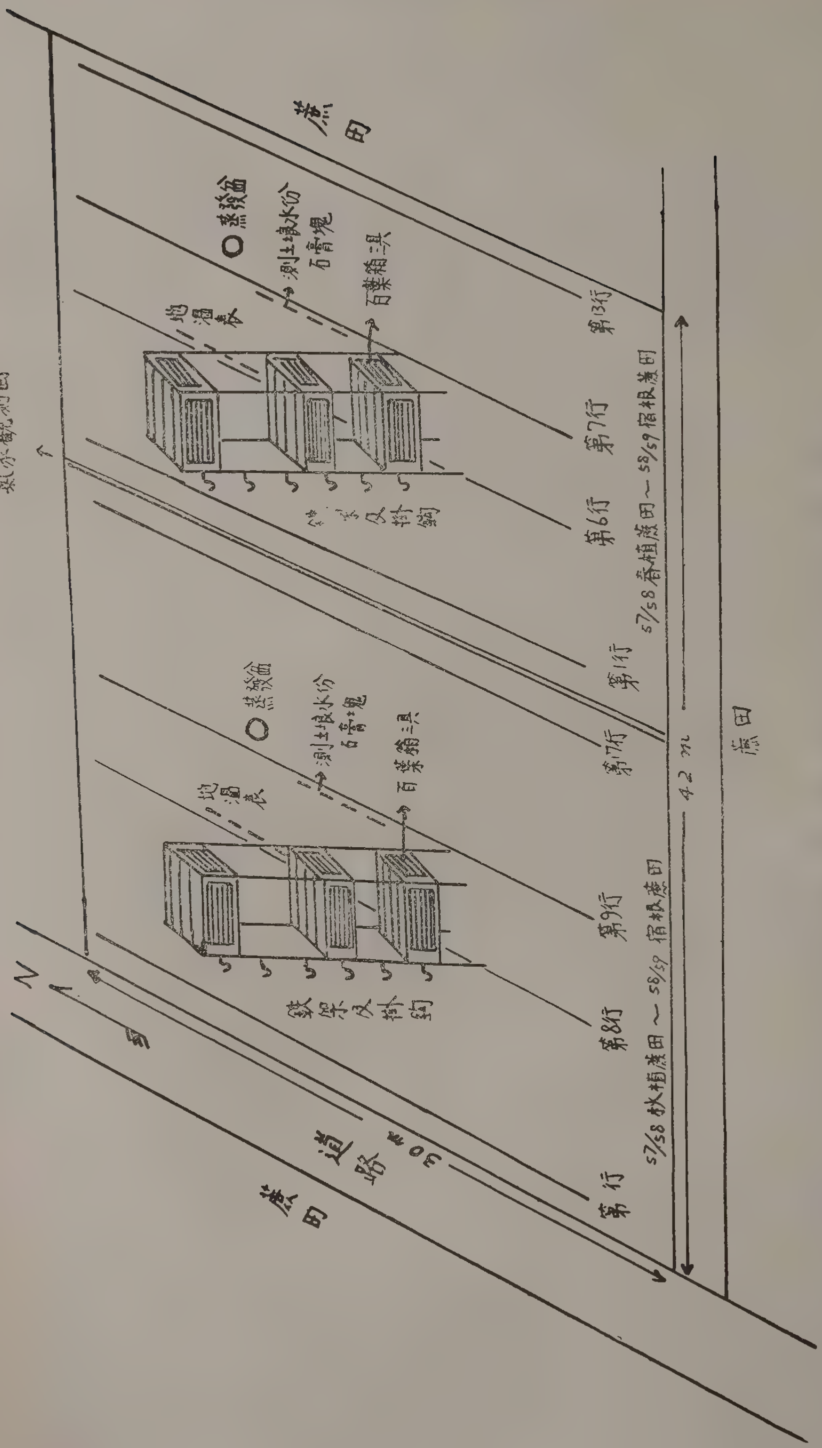
8. 田間空氣相對濕度初期比田外低，蔗株伸高後則比田外高，與氣溫變化相反。

9. 蔗田地面蒸發量只及田外之一半，水汽多由蔗株葉片等蒸散，田間空氣穩定而潮濕，不適於蒸發。

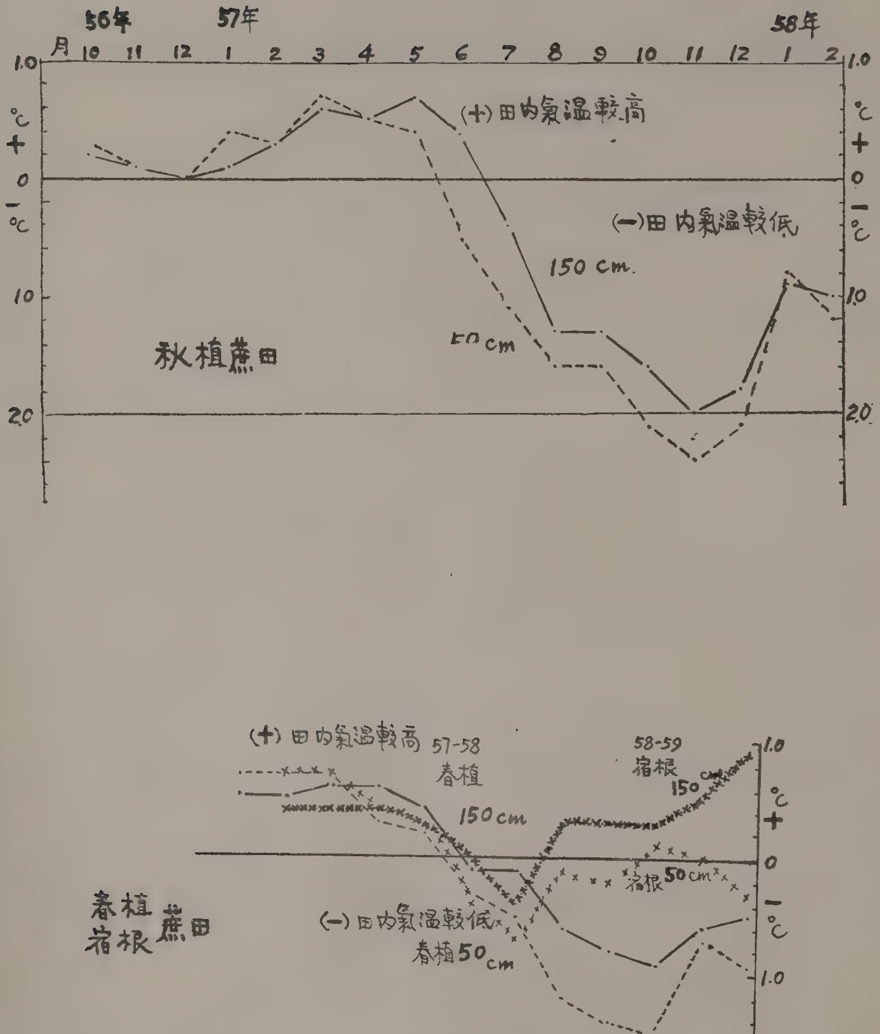
10. 蔗田土壤有效水份變異均大於田外土壤。蔗株成長後期，雨後或灌溉後 20～40天， 30cm土層均可變乾，田外土壤則除表土外，10cm以下均尙能保持有效水份在 50%以上。

11. 蔗田氣溫有效積溫估算，分蘖期較田外大氣增加，以後減少甚多（秋植田 50cm 成熟期可減少 70%）。全期累計積溫少 10%，如蔗株倒伏則可能略增。

12. 蔗田地溫有效積溫估算均比田外地溫減少，全期減少約 25～50%之多。

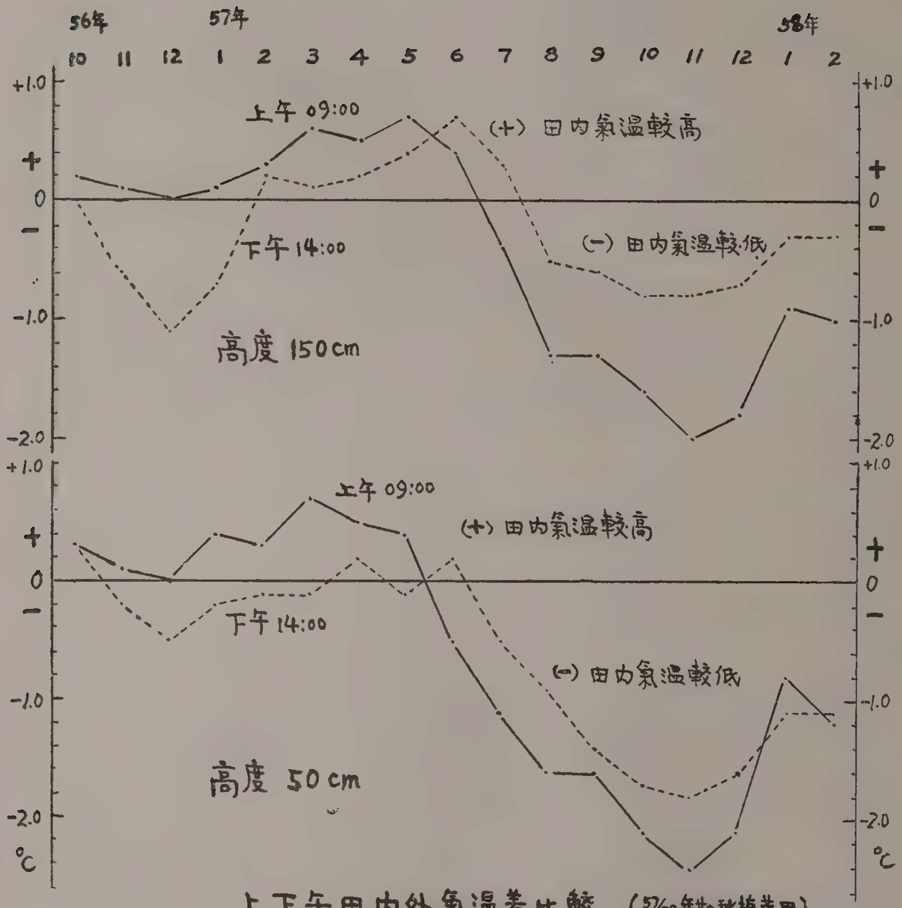


圖一. 蔗田微氣象觀測場佈置圖



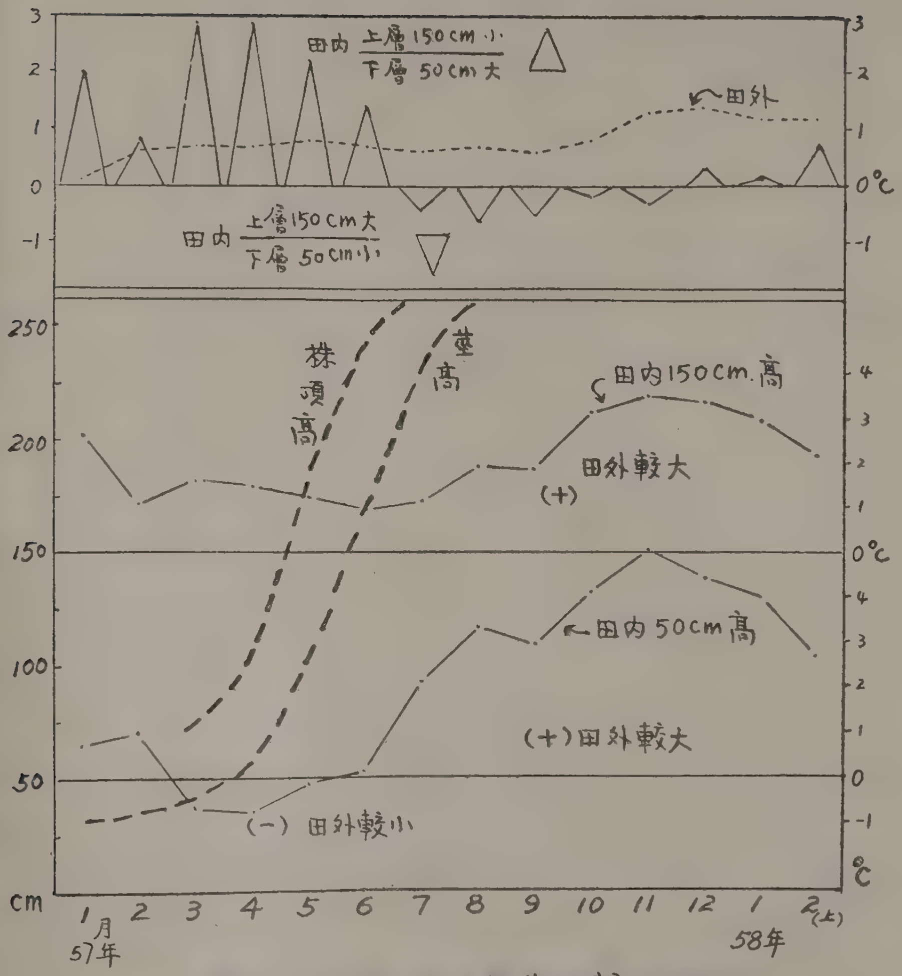
蔗田内外氣温比較（9時觀測值平均）

圖二 （参閱表二,三）



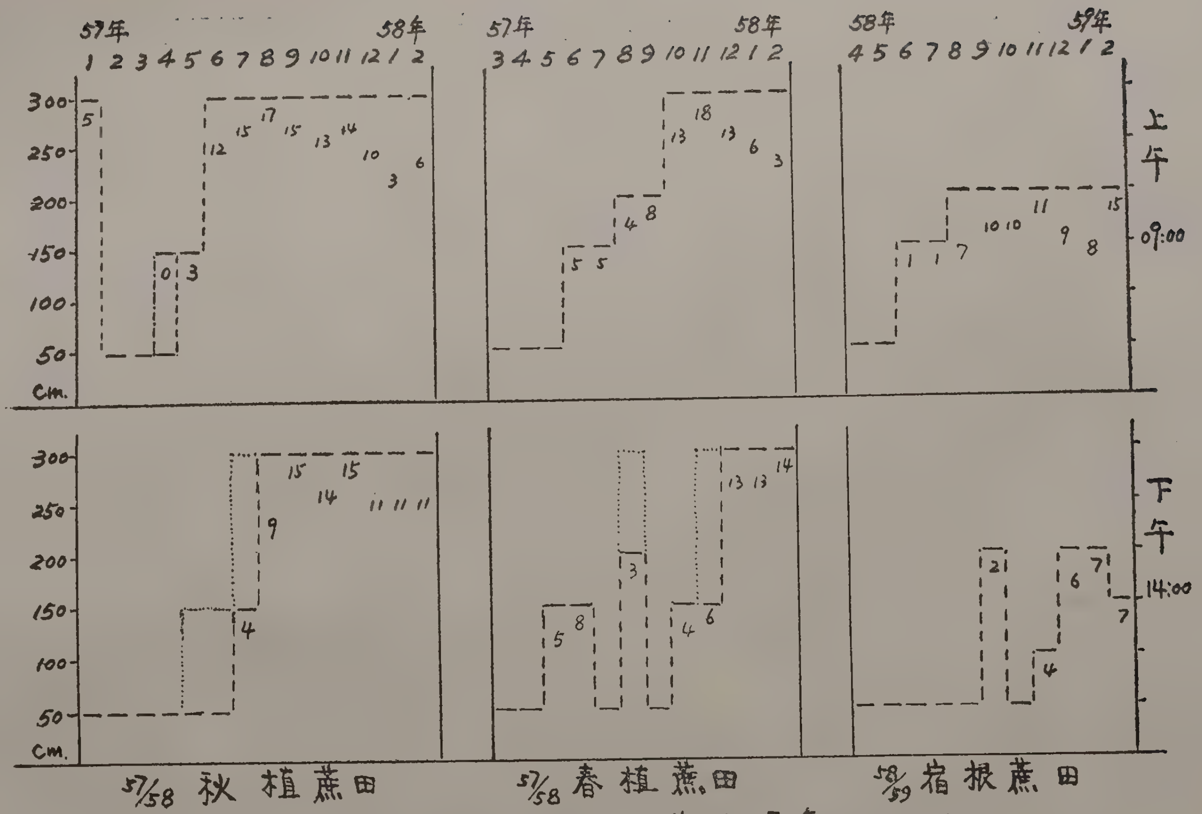
上下午田內外氣溫差比較 (57/58年期秋植蔗田)

圖三 (參閱表四)



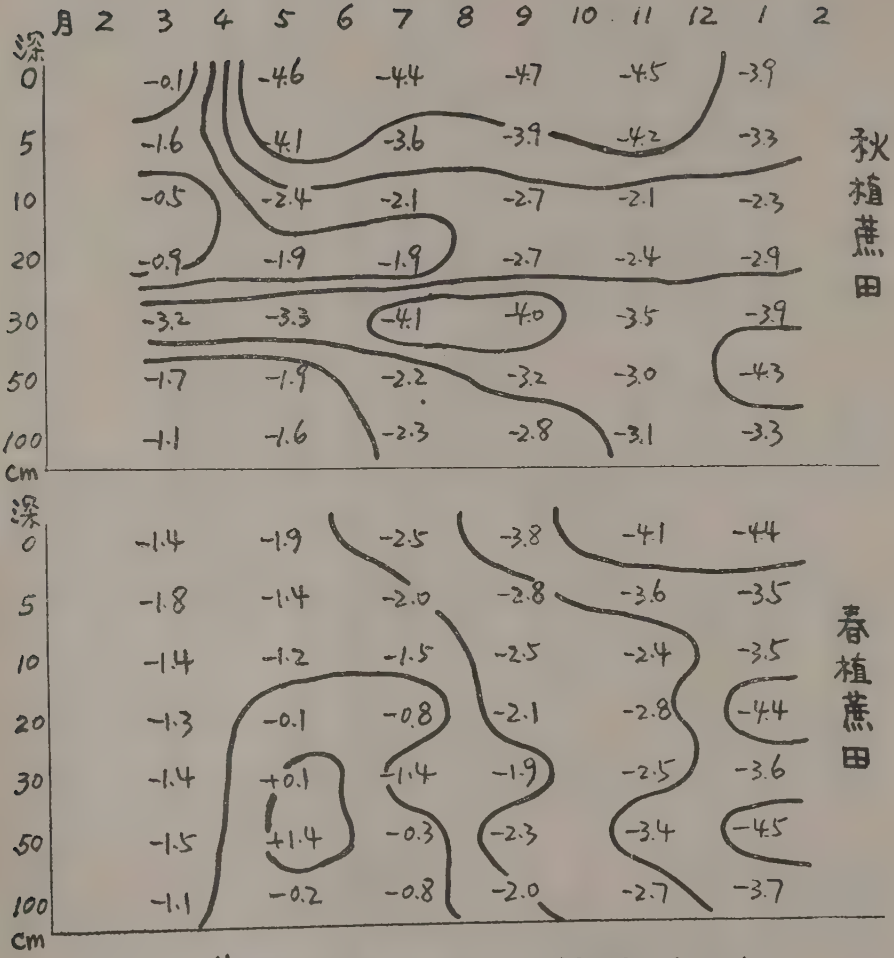
蔗田內外氣溫日較差比較（秋植蔗田）

圖四.（參閱表五）



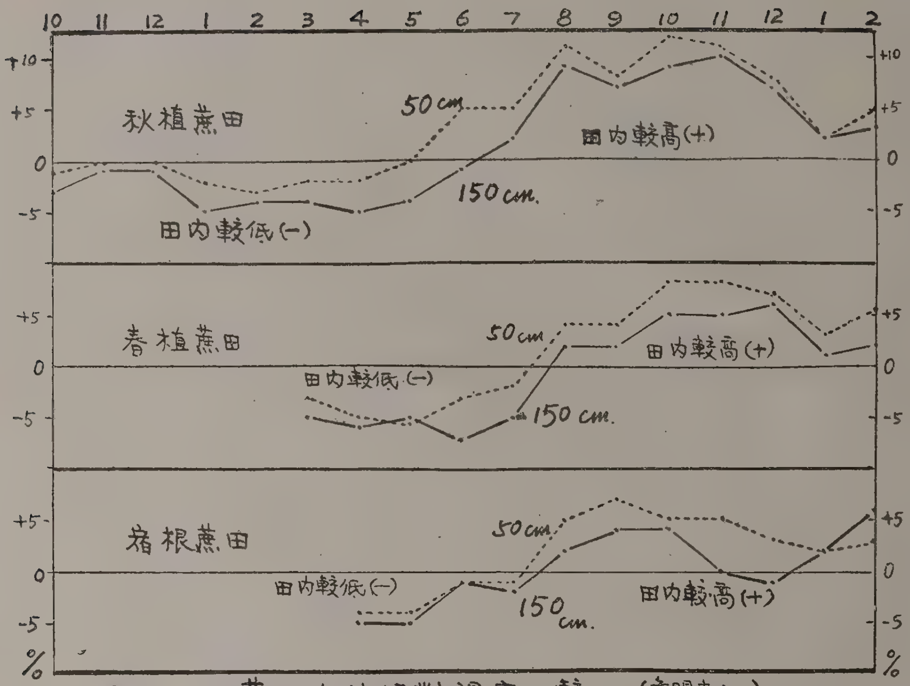
田間氣温之逆温現象 (0.1°C)

圖五. (參閱表六(A),(B))

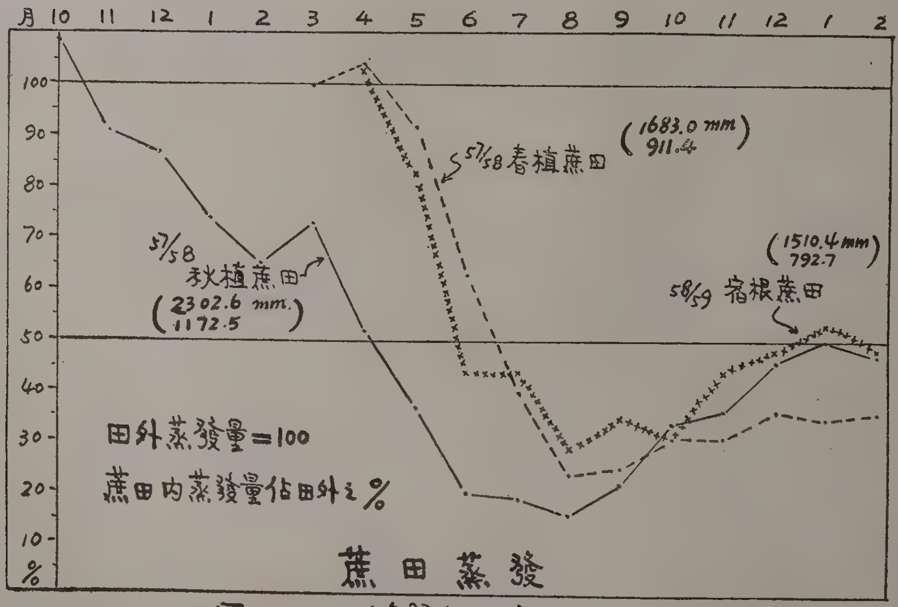


蔗田地温比田外地温低 (−°C)

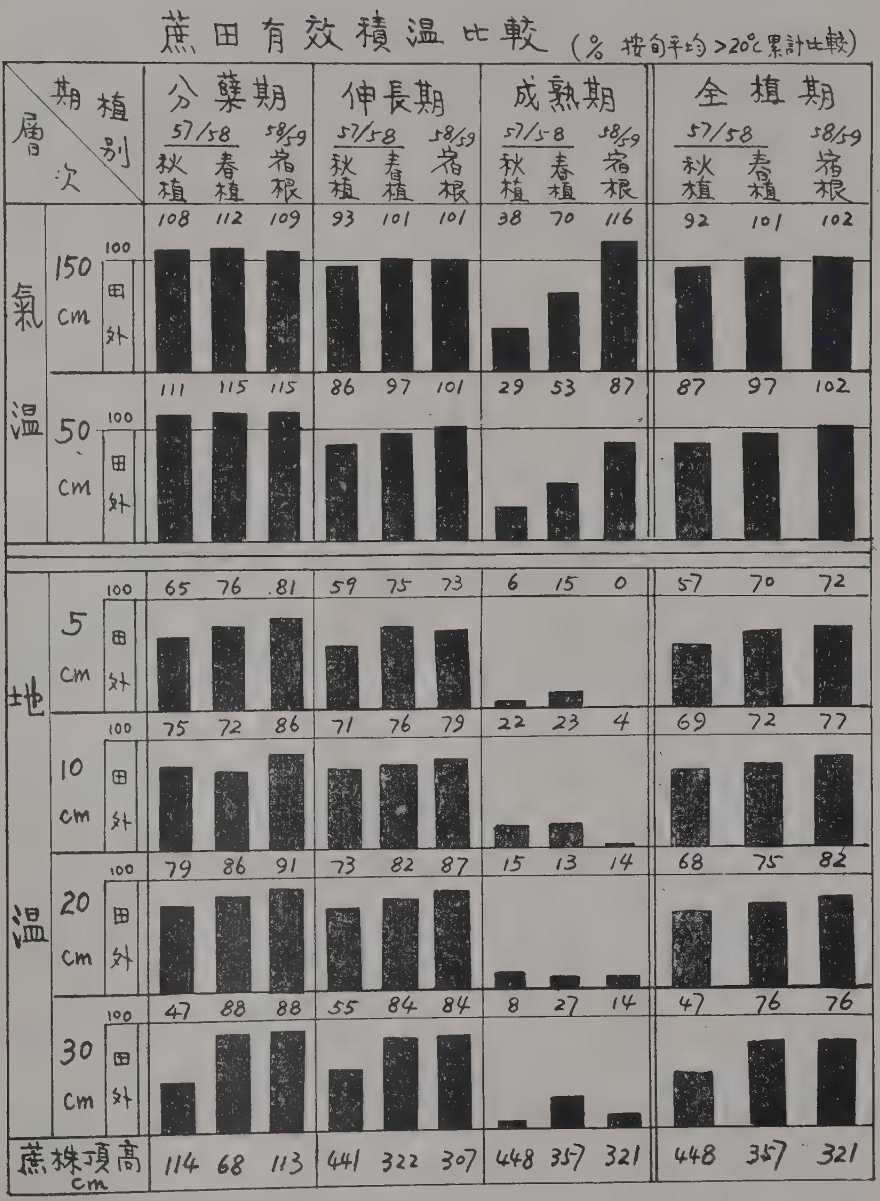
圖六、(參閱表七)



圖七　蔗田內外相對濕度比較　(參閱表十一)



圖八　(參閱表十二.)


蔗田有效積温比較 (% 按旬平均 >20°C 累計比較)
層次 期 植別
分蘗期 伸長期 成熟期 全植期
57/58 秋植 春植 58/59 宿根
氣温 150 cm 田/外 100
108 112 109 93 101 101 38 70 116 92 101 102
氣温 50 cm 田/外 100
111 115 115 86 97 101 29 53 87 87 97 102
地温 5 cm 田/外 100
65 76 81 59 75 73 6 15 0 57 70 72
地温 10 cm 田/外 100
75 72 86 71 76 79 22 23 4 69 72 77
地温 20 cm 田/外 100
79 86 91 73 82 87 15 13 14 68 75 82
地温 30 cm 田/外 100
47 88 88 55 84 84 8 27 14 47 76 76
蔗株頂高 cm
114 68 113 441 322 307 448 357 321 448 357 321

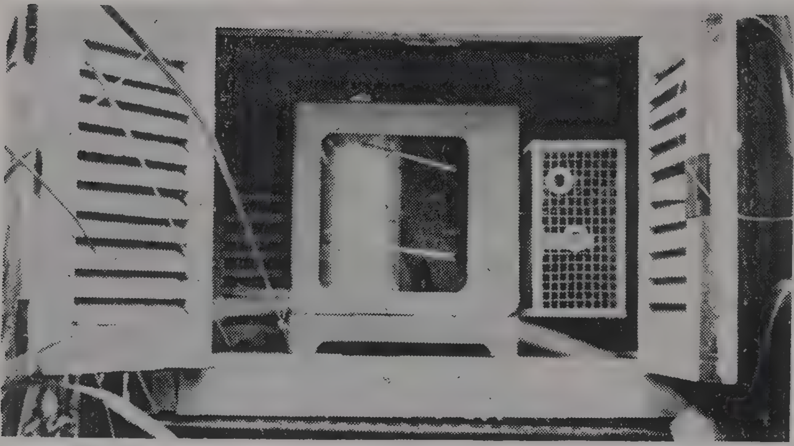
圖九 (參閱表二十, 二十一)

氣象觀測園

蔗田氣象觀測

蔗田氣象觀測

田間百葉箱與温濕表



自記温濕計

地溫表

土壤水分測定

照度表

田間蒸發盆

六、問 題 與 展 望

1. 蔗田微氣象觀測在求認識田間空氣受蔗株生長影響所生之差異，至甘蔗生長如何受田間氣象影響，尚待由甘蔗生理與生長情形進一步作配合之研究。由初步資料分析，應用一般氣象資料於甘蔗生長，須加修正始較配合。對盆栽試驗與田間種植，蔗田中央部份與邊緣部份其氣象環境不同須予認識。

2. 蔗田間微氣象在極小空氣內即可能有顯著差異存在，本試驗田間氣象觀測均使用普通儀器由觀測者進入田內觀測，蔗行間經常受穿行踩踏影響，故與一般蔗田仍有不同。

3. 田內田外各高度各深度各氣象項目觀測不能同時進行，時間上先後本身已有誤差，致使微氣象變異被掩飾或甚至被改變反向，亦難發覺。

4. 儀器精度不够，儀器差，裝置環境差，使用誤差，觀測誤差，人爲誤差，諸誤差又交互影響，均使若干微氣象現象不被顯示甚至完全改變。

5. 蔗株生長情形各年期不同，有初期較佳，有後期生長較佳等，均可使蔗田微氣象變異僅爲此一蔗期特殊情況，而與其他蔗期情況不同。

6. 各年氣候冷暖乾濕不同，包括諸氣象因素質、量、時間之不同，氣象影響甘蔗，甘蔗亦影響微氣象，其間又交互錯綜影響，田間微氣象至難測定與分析。

7. 設計用完全自動遙控氣象儀器，消除或減少觀測誤差。以較多年期試驗，由平均與特殊氣候或蔗株年期相比較，當可更確切認識蔗田微氣候。

8. 尚需增加觀測之田間氣象資料，如各高度風速、輻射量、淨輻射量、水汽含量、水份平衡及短時間內之各種變異等，須待研究之問題，展望尚極多也。

誌謝：本試驗氣象儀器裝設與修理承林再興先生協助，田間氣象觀測及甘蔗調查由廖甲池先生負責協助，田外氣象觀測由李士鴻先生負責。

七、參 考 資 料

1. Chang, J. H. (1961) Micro-Climate of Sugar Cane, Hawaii Planters' Record Vol. 56, No. 3.
2. Geiger, R. (1941) 近地氣候（蔣丙然譯 1960）世界書局。
3. Shaw, R. H. (1967) Ground Level Climatology AAAS Publication No. 86.
4. Wang, J. Y. (1963) Agricultural Meteorology U. of Wisconsin.
5. 蔣丙然 (1962) 玉蜀黍田間微氣候測驗報告，台灣大學地理學系研究報告第一期。
6. 宋繼修等 (1964) 圃場微氣候對於菸草初期生長與後期成熟之影響，菸草試驗所民 53年年報。
7. 吳啓安等 (1968) 圃場微氣候對於菸草生長速率之影響，中華農學會報第62期。
8. 吳啓安等 (1969) 菸草不同栽植期對於圃場微氣候之影響，菸草試驗所民58年年報。

甘蔗消耗水量特性之研究(續)
—甘蔗宿根次數對於消耗水量之影響[1]

張　玉　鑽[2]

摘　　要

利用地下給水法定水頭式潛能蒸發散量自記裝置，在台南探討甘蔗宿根次數與消耗水量之關係。顯示第一次宿根與第二次宿根之間，對於逐月消耗水量以及宿根後之消耗水量影響差異不大，惟前者之能量利用效率較後者爲高。日射量與消耗水量間有正相關之關係。

一、引　　言

作者（1969）曾利用地下給水方法之滲漏計，探討不同植期及宿根前後甘蔗之消耗水量特性問題，認爲雖然在同一季節裡之甘蔗消耗水量，也因爲植期之不同而有高低之差別。但對甘蔗連續宿根次數間之前後，影響消耗水量如何？尚未見有人研究。茲爲查明第一次宿根與第二次宿根甘蔗間的消耗水量之特性起見，曾利用前期報告之試驗設備及材料，繼續舉辦一作試驗，比較分析其結果，供作宿根甘蔗灌溉栽培上之參考。

二、供試材料及方法

本研究係繼續第一報（1969）進行試驗，利用地下給水方法之定水頭式潛能蒸發散量自記裝置（Automatic Water Supply Lysimeter），裝設於台灣糖業試驗所台南農場盆栽園中，該裝置之構造、操作及管理細節完全與第一報相似，茲不贅述。甘蔗爲F 152 春植宿根，第一次宿根於 56 年 12 月 13 日留頭， 12 月 15 日進行宿根處理；第二次宿根於 57 年 12 月 12 日（亦即第一次宿根甘蔗收穫日期），至 12 月 14 日進行宿根處理；第三次宿根於 58 年 12 月 30 日（第二次宿根甘蔗收穫日期）後進行宿根處理。

---

(1)台灣糖業試驗所審定發表論文第R2—141號。

(2)本所農藝系九等農藝技術師。

(3)本文於59年12月10日收到。

三、試 驗 結 果

(一) 第一次宿根與第二次宿根甘蔗之潛能蒸發散量特性比較

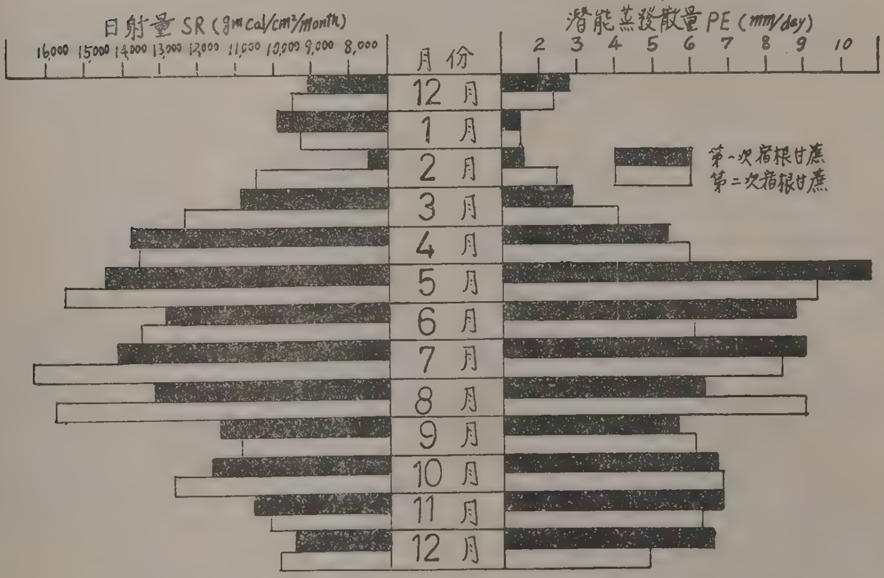
利用 F152 第一次宿根（57—58 年期）及第二次宿根（58—59 年期）甘蔗（照片一），均生長在同一地點同一場所之潛能蒸發散量自記裝置中。根據其平均值，求出各月每天的潛能蒸發散量（Potential-Evapotranspiration, PE）與該月份之月計日射量（Solar Radiation, SR）如圖一。茲將甘蔗產量等農藝特性分析比較，簡列資料統計分析表於後：

照片一、本試驗第二次宿根甘蔗
上：收穫前之甘蔗生育情形
下：收穫後之蔗頭及水分張力計，由壓力錶表示之（本試驗之土壤水分經常保持在充分狀態）

表一、宿根甘蔗產量與消耗水量分佈特徵統計表

項目 / 宿根別	收穫調查		消耗水量 (mm/day) 分佈特徵			日射量（一作總計 gmCal / Cm²）
	蔗產量（公斤/一株）	原料莖數（支/一株）	一作平均	尖峯(月份)	最少(月份)	
第一次宿根	3.9 (100)	7	5.78 (100)	10.76　5月	1.50　1月	149,242 (100)
第二次宿根	3.6 (92)	9	5.66 (99)	9.43　5月	1.46　1月	160,506 (108)

由圖一及表一所示，第一、二次宿根甘蔗之一株產量，以及消耗水量分佈特徵觀之，兩者非常相似，一世代之消耗水量之尖峯期均在每年5月中出現，最少耗水量亦都在1月份。茲則進而探求兩者間（第一次與第二次宿根甘蔗）逐月潛能蒸發散量之是否有差別起見，經採用馸對法 (Pairing Method)，分析平均值差異之顯著性。證明第一次宿根與第二次宿根之間，對於逐月消耗水量差異不顯著，換言之，在實用上第一次宿根與第二次宿根甘蔗之灌溉用水管理方式，可採用相同的方式進行；經由本試驗過去已獲得之基本資料推荐可也。



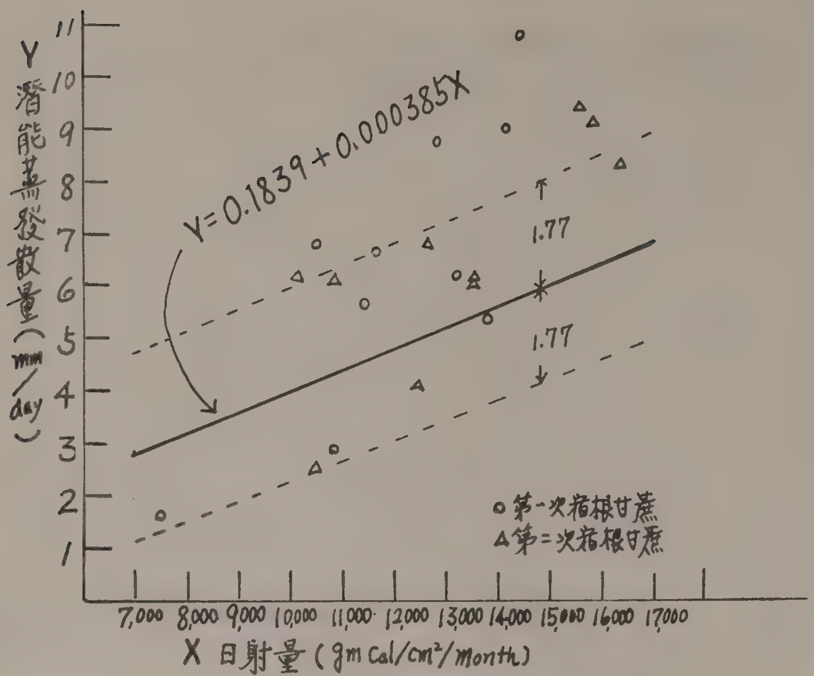
圖一、第一次及第二次宿根甘蔗之逐月消耗水量與日射量分佈情形

再就日射量與潛能蒸發散量間之關係觀之，在甘蔗青葉片數發生較多期間（2—11 月），逐月平均每天潛能蒸發散量與月計日射量間，分析結果顯示如下表（表二）：

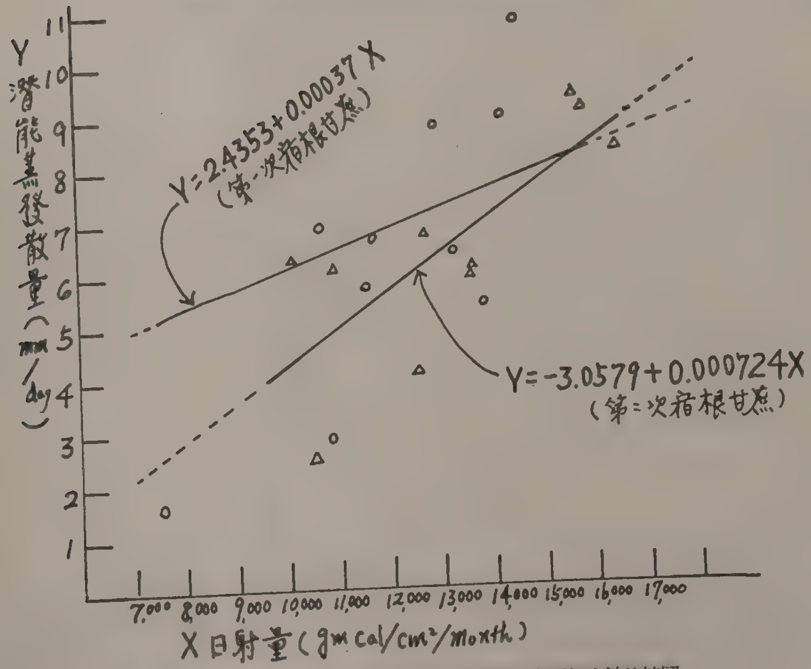
表二、宿根甘蔗潛能蒸發散量(y)與日射量(x)間迴歸直線方程式及顯著性測定分析表

項目	宿根甘蔗（第一次第二次宿根合計）	第一次宿根甘蔗	第二次宿根甘蔗
樣本數	20	10	10
迴歸直線方程式	y＝0.1839＋0.000385x	y＝2.4353＋0.00037x	y＝−3.0579＋0.000724x
相關係數 r	0.7512**	0.8284**	0.7545**
F 值	23.299**	17.513**	11.285**
理論 F 值 5%	4.41	5.32	5.32
理論 F 值 1%	8.28	11.26	11.26
Fisher 顯著水準			
P＝0.05	0.4438	0.6319	0.6319
P＝0.01	0.5614	0.7348	0.7348
Sy.x	1.77	2.09	1.56
有效樣本數(%)	70	70	70

由表二可知，宿根甘蔗之消耗水量（第一次宿根或第二次宿根甘蔗）均與月計日射量間，有非常密切的關係存在，其相關程度均極顯著。兩者間係呈直線之關係，求出之迴歸方程式Y（宿根甘蔗每天潛能蒸發散量）＝0.1839＋0.000385X（月計日射量），迴歸係數，極表顯著。說明由本方程式推算出之理論值，在應用上有其”可靠性”之存在；但在第一次與第二次宿根甘蔗間，每天之潛能蒸發散量與日射量之相關性，大小有別。此或可解釋，第一次宿根甘蔗與第二次宿根甘蔗間消耗水量大小之不同，除了受日射量直接影響關係外，恐尚有其他因素影響不同宿根次數間，造成相關係數有高低之差別（見下圖二及圖三）。



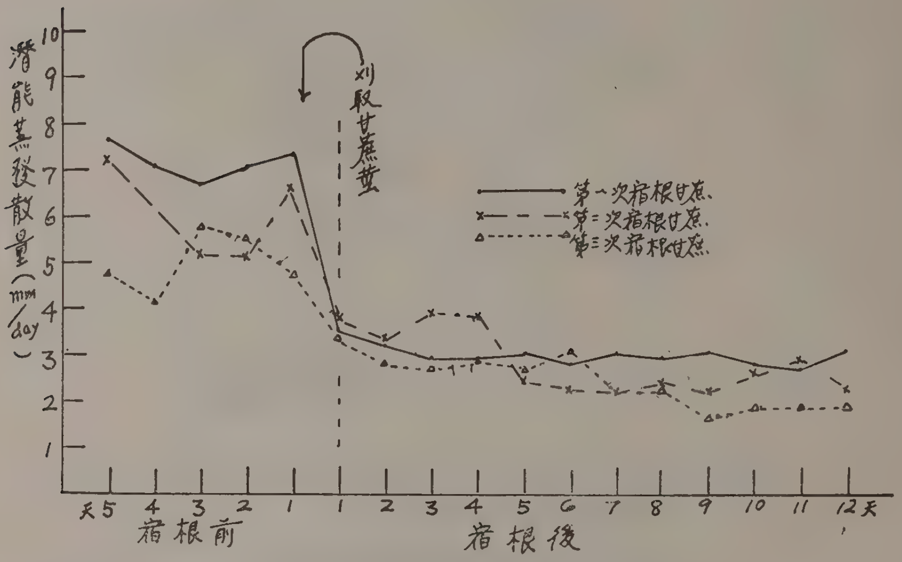
圖二、日射量與宿根甘蔗潛能蒸發散量迴歸直線圖



圖三、不同宿根次數甘蔗潛能蒸發散量與日射量之迴歸直線比較圖

(二) 不同宿根次數甘蔗收穫前後之潛能蒸發散量分佈比較

不同宿根次數甘蔗收穫前後之每天潛能蒸發散量分佈動態列如圖四。



圖四、不同宿根次數甘蔗收穫前後消耗水量變化曲線

由上圖四可知，第一、二、三次宿根甘蔗，在收穫後十二天內之平均消耗水量數值，顯然較收穫前減少 50～60 %。但就一、二、三次宿根甘蔗收穫後十二天內之每天甘蔗消耗水量，經變方分析結果，證明第一次宿根與第二次宿根之間，差異不顯著而無分軒輊，但在第三次宿根甘蔗，顯然較第一、二次宿根爲低，其原因或恐受氣候因素所造成，亦有可能因宿根次數年限增多，甘蔗生育不如第一、二兩次宿根之優良，影響耗水量減少，有待日後試驗方可瞭解。再就甘蔗收穫後，由逐日消耗水量變化而言，在收穫後之第一天，第一、二、三次宿根消耗水量均較多，但經由統計分析第一天至第四天之間消耗水量，差異不顯著，而與第五天耗水量比較，則有顯著增多之感；再由第五天至第十二天之間，差異又不顯著，表示 5～12 天消耗水量間每日之起伏變動並不太大。

四、討　　　論

本省最近十幾年來之甘蔗栽培方式，其最大之特色，可算是自營農場之宿根面積和宿根次數的逐年增多。考察其直接或間接原因不無與品種更新、水源開發、農業生產結構變更等因素有關。過去本省栽培甘蔗，大部份每年都採用秋新植栽培制度，目前已改變宿根栽培爲主。因此對宿

根蔗園有充分灌溉水之供應，理所當然。本文研討不同宿根次數別，對甘蔗之消耗水量之分佈特徵，必須求得明瞭，方能獲得適當灌溉水量之供應。

根據本試驗分析結果，顯示第一次與第二次宿根甘蔗之間，對於逐月消耗水量分佈動態，並無頗大之區別，但在同一月份內消耗水量之多寡影響，恐受年期間氣候因素所左右，此一事實，完全與湯冠雄、何逢偉（1962）兩氏之就宿根次數對甘蔗產量之影響結果獲得證明。兩氏曾在台南所做"蔗田連續宿根及地力保持試驗"中指出，不同宿根次數對於產量之影響並不太大，但在不同年份受氣候因子影響甚大。換言之，宿根產量之豐歉，在適當地力之可用年限內，不繫於次數之多寡，而決定於氣候因子之順逆，由本試驗亦可獲得解釋。

本試驗雖然在第一次宿根與第二次宿根甘蔗之逐月平均消耗水量間差異未達顯著，但經各次宿根甘蔗消耗水量與日射量間的關係方程式觀之（表二及圖三）：略有差別，亦即說明，在相似的日射量環境下，不同宿根次數之甘蔗蒸發散量，顯示有差別存在，藉可說明第二次宿根甘蔗的能量利用效率較第一次宿根甘蔗為低。在表一中指出，同一作甘蔗之總日射量，第二次宿根為160,506 gmCal/cm²，第一次宿根為149,242 gmCal/cm²，以第二次宿根較第一次宿根增多8%；但以一株甘蔗產量及平均每天滲能蒸發散量言，第二次宿根甘蔗產量與耗水量僅為第一次宿根甘蔗之 92%及 99%。綜上分析可知，甘蔗產量與蒸發散量，與日射量等因素，雖然有密切的關係，但獲得之連應效果仍然極為複什，故在本研究綜合性因素所組成之試驗中，究竟由那些因素組成，方可發揮宿根甘蔗之能量利用效率，影響產量發生更高度之相關，在本文中仍無法顯示出來，有待今後之努力。

五、結　　論

本研究為繼續過去甘蔗消耗水量特性研究之一部分，其目的探討甘蔗宿根次數對於消耗水量之關係，作為宿根甘蔗栽培上充作適宜灌溉水量及週期之參考。本試驗自 56年12月至 59年 1 月止，在台灣糖業試驗所台南農場盆栽園舉行，利用地下給水法之定水頭式滲能蒸發散量自記裝置中進行，其結果要點如后：

1. 甘蔗第一次宿根與第二次宿根之逐月消耗水量差異不顯著。日射量與消耗水量間有高度之相關關係存在。

2. 宿根甘蔗各月平均之每天滲能蒸發散量（Y）與月計日射量（X）之直線迴歸方程式為 $Y=0.1839+0.000385\ X$；其迴歸係數在統計上超過 1 %之顯著平準。

3. 第一次宿根甘蔗之能量利用效率顯然較第二次宿根甘蔗為高。

4. 甘蔗留宿根以後之消耗水量，第一次宿根與第二次宿根之間，差異不顯著。甘蔗收穫後第一天至第四天之消耗水量，顯著高於第五天至第十二天。

誌謝：1.本研究進行時期承本所種藝系前主任夏雨人先生及現任農藝系包敦樸主任之贊助。2.日射量資料承本系農業氣象研究室提供。3.文成後又承包敦樸主任悉心予以斧正。作者謹此深表謝忱。

六、參 考 文 獻

1. 湯冠雄、何逢偉 (1962) 台灣蔗田連續宿根及地力保持之研究 。 台灣糖業試驗所研究彙報 28 : 13—38。
2. 葉樹藩 (1962) 試驗設計學第一部份生物統計學 P.131—，P.145—。台大生統研究室發行 。
3. 張玉鑽 (1969) 甘蔗消耗水量特性之研究。台灣糖業試驗所研究彙報 48 : 59—70。

蔗螟周年發生消長之調查研究

V、花　蓮　區[1]

梁　崇　仁[2]

摘　　要

花蓮區之花蓮糖廠位於本省之東部，氣候因子與西部蔗區所不同者，爲年平均氣溫約低1～2°C，雨季集中於冬季，降雨日數比較西部約多一倍，於49／50～57／58九年期在花蓮糖廠之大富農場，以 N:Co 310（49／50～56／57）與 56－539(57／58) 兩品種之秋新植（8或9月植）甘蔗蔗園進行調查。調查時期爲植後一個月開始，至翌年之12月原料莖收穫爲止，所得結果概要爲(1)幼蔗期間以黃螟枯心爲主，佔總螟害枯心支數之 68.7％，其次是紫螟枯心支數佔31.3％，另外尙有極少數之條螟與二點螟枯心，未曾發生白螟枯心。黃螟枯心密度較高時期依年期別而有不同，集中在 2～6 月，紫螟枯心亦依年期而異，發生盛期是在 12 月至翌年之 6 月。(2)成蔗期間：亦僅發生黃螟與紫螟爲害節間，黃螟爲害節間佔總螟害節間之 70.2％，紫螟則佔 29.8％。在成蔗 6～12 月調查期間，黃螟與紫螟爲害節間數各月之增減不大，其間無明顯之高峯出現。花蓮區與西部各蔗區蔗園螟害所不同者，爲紫螟發生密度相當高，所佔比率較大，其次是白螟未有發生。

一、前　　言

本報告係繼續以前四報（新營區、虎尾區、屏東區與麻佳區）[1,2,3,4] 就花蓮區之調查資料整理而成。花蓮糖廠之甘蔗栽培區域位於本省之東部，此區域氣候主要之特徵是冬季氣溫較低，降雨日數與降雨量較多，與西部各蔗區顯有不同。故影響蔗螟周年發生亦與西部有異。

二、調查預測田之設置與調查方法

調查預測田設置於花蓮糖廠之大富農場，供試品種爲 N：Co 310（49／50～56／57 年期）

(1)台灣糖業試驗所審定發表論文第R5─46號。

(2)本所植物保護系十二等農藝技術師。

(3)本文於59年9月3日收到。

(4)本研究曾獲國家科學委員會之補助。

與 56—539（57／58 年期）二種。預測田甘蔗均為秋新植（8 或 9 月植），面積爲 0.3 公頃，田間管理依照常規，不作任何特殊處理，調查方法已詳於以前之四篇報告中[1,2,3,4]，簡言之，幼蔗期間（自插植至翌年之 5 月），每旬調查一次，記錄每次所割取之各種蔗螟枯心支數，成蔗期間（自 6 月至12月收穫為止），每半個月調查一次，每次隨機割取原料莖 100 支剖檢調查，記錄每次所檢視之每種蔗螟爲害節間數。然後以各種蔗螟逐月之幼蔗分蘖枯心支數與成蔗原料莖被害節間數分別繪製消長圖，以示各種蔗螟周年之發生情形。

三、調 查 結 果

(1) 幼蔗期間：自甘蔗植後經過一個月開始進行第一次調查，至翌年之 6 月爲止，計調查10個月，所獲各年期五種蔗螟之發生密度列如表 1.，各月之消長繪如圖 1.，黃螟與紫螟各月之消長如圖 2. 及 3.，最後將各年期二種蔗螟各佔枯心百分率繪如圖 4.。

表 1. 花蓮糖廠 49／50～57／58 九年期秋植甘蔗幼蔗期間五種蔗螟之密度消長

年期別	調查糖廠及農場	種植日期	品種	分蘖枯心支數					合計
				黃螟	條螟	紫螟	二點螟	白螟	
49／50	花蓮大富	48. 8.26.	N:Co310	4388	0	2093	0	0	6481
50／51	〃	49. 8. 1.	〃	4910	0	70	0	0	4980
51／52	〃	50. 8.11.	〃	2183	0	1504	0	0	3687
52／53	〃	51. 8. 3.	〃	1895	0	833	0	0	2728
53／54	〃	52. 8. 7.	〃	3292	0	4480	0	0	7772
54／55	〃	53. 9.10.	〃	2049	0	1340	0	0	3389
55／56	〃	54. 8. 8.	〃	5260	0	2450	0	0	7710
56／57	〃	55. 8.25	〃	4787	0	957	0	0	5744
57／58	〃	56. 8.25.	56—539	4743	0	1513	0	0	6256
合計及各佔百分率				33507	0	15240	0	0	48747
				68.7	0	31.3	0	0	100.0

調查期間：當年之 9 月至翌年之 6 月

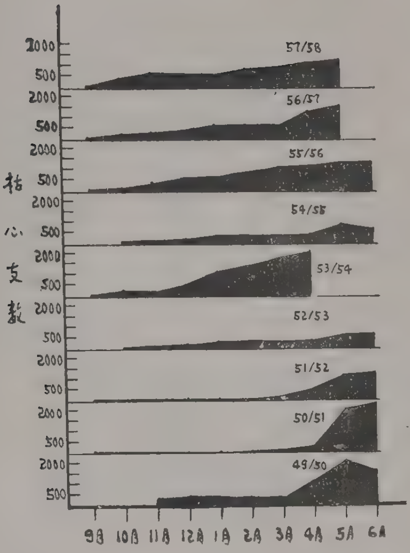


圖1. 花蓮糖廠秋植甘蔗幼蔗期間蔗螟枯心密度之消長

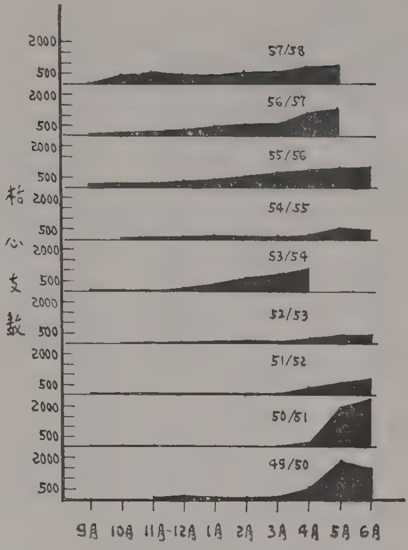


圖2. 花蓮糖廠秋植甘蔗幼蔗期間黃螟枯心密度之消長

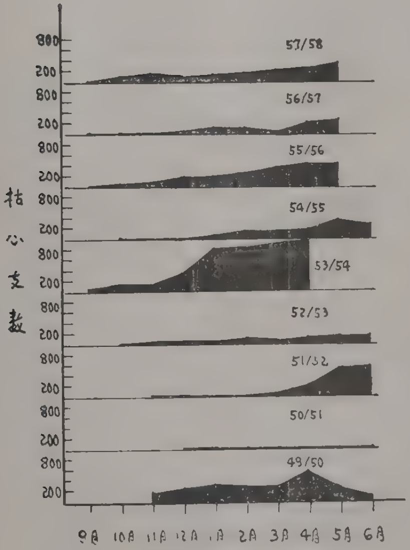


圖3. 花蓮糖廠秋植甘蔗幼蔗期間紫螟枯心密度之消長

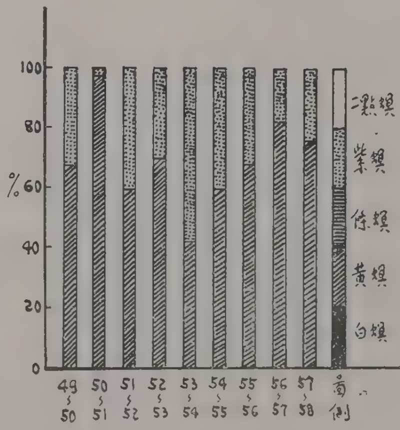


圖4. 花蓮糖廠秋植甘蔗幼蔗期間二種蔗螟枯心各佔百分率

就九個年期之調查，各年期所發生之蔗螟枯心支數，以 53／54 與 55／56 二年期爲最高，於 0.3公頃面積內，計有螟害枯心 7772 支與 7710支，（表1.），其次爲49／50、57／58 與 56／57三年期之 6481、6256 與 5744 支，而以 52／53 年期僅 2728 支枯心爲最少。九年期中有八年期黃螟枯心較紫螟枯心爲多，僅 53／54 年期反是，其紫螟枯心較黃螟枯心多出 1188支，五種蔗螟中，白螟未曾發生，條螟與二點螟枯心發生極少，總枯心支數中，以黃螟枯心佔68.7%爲巨，紫螟枯心佔 31.3 %居次。

各年期各月蔗螟枯心發生之消長（圖1.），自 9 月份始即有螟害枯心發生，以後逐月增加，至接近原料莖形成之前三個月（4,5 與 6 月份）達最高峯，乃由黃螟枯心增多關係。故幼蔗期間蔗螟枯心之高峯爲 2～6 月間。

各年期各月份黃螟與紫螟枯心密度之消長，因黃螟枯心佔總螟害枯心之 70 %，故黃螟枯心各月之消長與蔗螟枯心（圖 1.）同。高峯時期在 3～6 月（圖 2.）。紫螟枯心密度消長因年期別而有不同（圖3.），發生最多之 53／54 年期，高峯時期在 1～4 月，55／56 年期在 4～5月，49／50 年期在 12 月～5 月，爲期最長，其他發生較少之年期在 3～6 月，故紫螟枯心自 12 月至翌年 6 月陸續發生，其高峯時期則依年期別而顯有差別。

(2) 成蔗期間：在甘蔗植後之翌年 6 月開始至 12 月原料莖收穫爲止，計調查 7 個月，各年期二種蔗螟爲害節間數示如表 2.，各月之消長繪如圖 5.，黃螟與紫螟各月之消長分別示如圖 6. 與圖 7.，各年期二種蔗螟爲害節間數所佔百分率繪如圖 8.，而 49～57 年之各月平均氣溫與降雨量示如圖 9.：

表2. 花蓮糖廠 49／50～57／58 九年期秋植甘蔗成蔗期間四種蔗螟之密度消長

年期別	調查糖廠及農場	種植日期	品種	被害節間數				合計
				黃螟	條螟	紫螟	二點螟	
49／50	花蓮大富	48. 8.26.	N:CO310	1370	0	1189	0	2559
50／51	〃	49. 8. 1.	〃	1308	0	237	0	1545
51／52	〃	50. 8.11.	〃	1103	0	681	0	1784
52／53	〃	51. 8. 3.	〃	483	0	186	0	669
53／54	〃	52. 8. 7.	〃	832	0	276	0	1108
54／55	〃	53. 9.10.	〃	357	0	185	0	542
55／56	〃	54. 8. 8.	〃	1012	0	359	0	1371
56／57	〃	55. 8.25.	〃	1756	0	532	0	2288
57／58	〃	56. 8.20.	56—539	1029	0	281	0	1310
合計及各佔百分率				9250	0	3926	0	13176
				70.2	0	29.8	0	100.0

調查期間：甘蔗種植後之翌年7月至12月

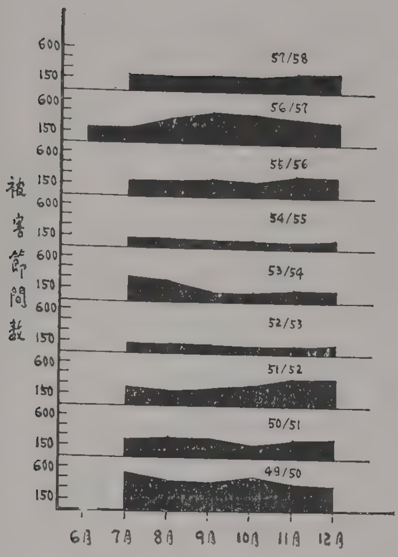


圖5. 花蓮糖廠秋植甘蔗原料莖蔗螟爲害節間密度之消長

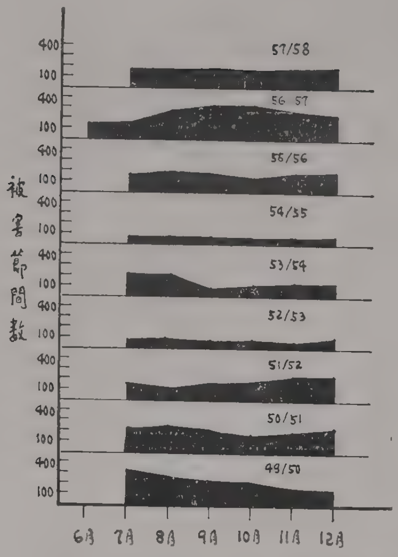


圖6. 花蓮糖廠秋植甘蔗原料莖黄螟爲害節間密度之消長

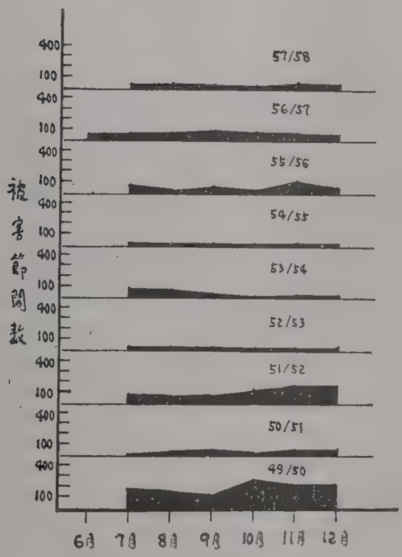


圖7. 花蓮糖廠秋植甘蔗原料莖紫螟爲害節間密度之消長

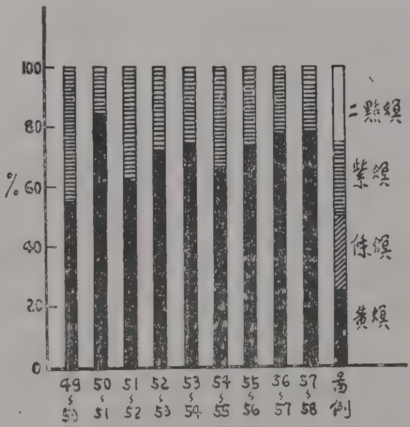


圖8. 花蓮糖廠秋植甘蔗原料莖二種螟害節間各佔百分率

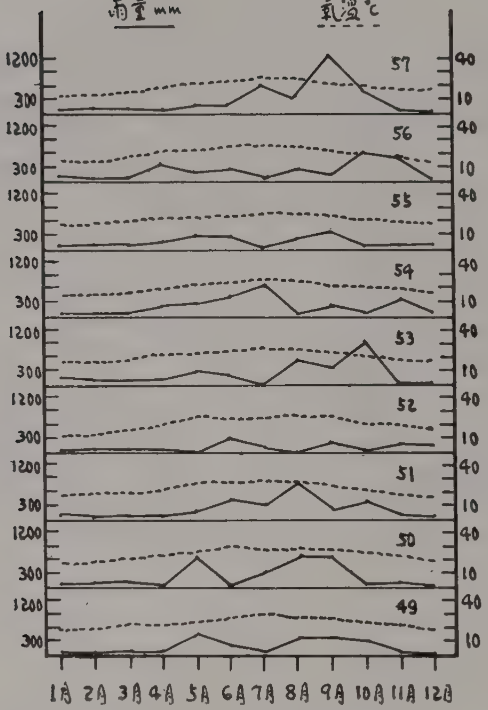


圖9. 花蓮糖廠 49—57 年各月雨量與氣溫之分佈

49／50～57／58 九年期甘蔗成蔗期間，各年期所調查之螟害節間數（表 2.），以 49／50 與 56/57 二年期爲最高約在 2000 節間以上， 51/52 與 50/51 二年期次之，發生最少之 年期爲 54/55 與 52/53，僅 500 餘、 600 餘節間而已。

九年期間各年期均僅發生黃螟與紫螟二種被害節間，此二種被害節間各年期之發生趨勢均相似，僅黃螟爲害節間佔總螟害節間之 70.2 %，紫螟佔 29.8% 。

各年期各月蔗螟爲害節間數之消長（圖 5. ），自 6 月或 7 月開始，即有多數之螟害節間，迄12月原料蔗收穫，其間螟害節間增減之幅度不大，黃螟爲害節間之消長亦屬相同（圖6.）。因螟害節間中有 70.2%係黃螟爲害，故紫螟爲害節間之消長與黃螟相近（圖7.），6～12 月之調查期間，迨無明顯之高峯出現。

四、討 論 與 結 論

花蓮區之花蓮糖廠位於本省之東部，其氣候因子與西部各蔗區比較，年平均氣溫較新營與麻佳區約低 1°C，較屏東區約低 2°C，溫度相差之月份是 10 月至翌年 6 月計 9 個月。年平均降雨

量除 6～9 月颱風期間，西部三蔗區高於花蓮區外， 其他各月均以花蓮區爲高，在每年冬季西部之枯雨期，花蓮區則爲雨季，降雨量集中在 10 月至翌年 4 月， 每年降雨日數，花蓮區較西部三蔗區約多一倍(花蓮區爲 192.1 日，西部則爲 89.7～117.2 日)，年平均相對濕度，花蓮爲88%，而西部則爲 77～83%。花蓮區甘蔗生育期間蔗螟之發生，在調查之九個年期中(49/50～57/58)，知幼蔗期間僅發生黃螟與紫螟二種，白螟未見發生，條螟與二點螟極少發現。黃螟枯心佔總枯心支數之 68.7%，紫螟佔 31.3%（表 1.），與西部所不同者，爲紫螟枯心之密度相當高，所佔比率亦大。螟害枯心自 9 月開始以迄翌年 6 月，逐月增加，除 53／54 年期以 2～4月，56／57與57／58二年期以 3～5 月爲最高峯外，其他六個年期密度集中於 4～6月。九個年期中 52／53年期黃螟枯心僅發生 1895 支爲最少，似由該年期幼蔗期間 1～5 月（52年）之降雨量少而氣溫亦較低（如 1 月份之平均氣溫僅 11.5°C ，2, 3 月份各爲 13°C 與 16.9°C ，乃各年期同月份氣溫最低者。）黃螟枯心在幼蔗期各月之密度消長與蔗螟枯心之消長略同，因蔗螟枯心中多數爲黃螟之故。紫螟枯心出現盛期是在 1～4 月（49／50 與 53／54 二年期）或 4～5月（55／56～57／58三年期）或 5～6 月（51／52、52／53 與 54／55 三年期）。紫螟枯心發生最多是在 53／54年期，其枯心支數且超過黃螟枯心，其原因係由於 53 年冬季，降雨量與降雨日數較多， 以致相對濕度較高，適宜紫螟之生育所致。

成蔗期間之螟害節間以黃螟與紫螟之 70.2 與 29.8%爲主，條螟與二點螟未曾發現。與西部各蔗區所不同者，爲紫螟爲害節間之密度較高。九個年期中 52／53 與54／55 二年期之幼蔗枯心與螟害節間均爲最少，以 49／50 年期之幼蔗枯心及螟害節間達 2559節間爲最高。在成蔗調查期間（6～12 月），無論是螟害節間，黃螟或紫螟爲害節間之密度消長均不顯著。

總之花蓮區之甘蔗蔗園，無論是幼蔗或成蔗期間，均以黃螟爲主，約佔 70 %， 紫螟次之，約佔 30 %，白螟未曾發現，條螟與二點螟之爲害均微不足道。

五、參 考 文 獻

1. 梁崇仁 (1969) 蔗螟周年發生消長之調查研究（Ⅰ）新營區。台灣糖業試驗所研究彙報第48號pp.37～47。
2. 梁崇仁 (1970) 蔗螟周年發生消長之調查研究（Ⅱ）虎尾區。台灣糖業試驗所研究彙報第49號pp.47～58。
3. 梁崇仁 (1970) 蔗螟周年發生消長之調查研究（Ⅲ）屏東區。台灣糖業試驗所研究彙報第49號pp.59～70。
4. 梁崇仁 (1970) 蔗螟周年發生消長之調查研究（Ⅳ）麻佳區。台灣糖業試驗所研究彙報第51號pp.37～45。
5. 台灣糖業公司蔗作改良推廣委員會甘蔗病虫害調查站 49／50～57／58 年期蔗螟調查資料 。

新營總廠區蔗田雜草調查報告[1]

王　卓　三　[2]

摘　　　　要

民國五八—五九年間新營總廠區之蔗田曾舉行雜草調查，在此期中分爲春（2—3 月）夏（5—6 月）秋（8—9 月）及冬（11—12 月）四季，每季各調查一次，每廠蔗田分爲四區，每區調查七處，每種雜草均製成乾燥標本，鑑定學名，同時記載每種雜草單位面積內之株數；乾重及出現百分率。調查結果本區其有雜草 88 種，分爲 27 科 71 屬。

一、引　　　　言

甘蔗爲一長期作物，生長初期適爲本省之高溫多濕季節，株間空隙較大，雜草極易發生，除草工資向爲甘蔗栽培之主要支出，在農村人口日漸減少的工業環境下，仍靠人工除草，已有困難。

近代農業有幾種重大的技術革新，化學殺草劑爲最新的一種，藥劑殺草倡行於第二次世界大戰之後，爲期僅廿餘年，但發展神速，試以日本爲例[4]， 1958—1967 年之十年間，農用藥劑之生產值，殺蟲藥劑增加 3 倍，殺菌藥劑增加 3,4 倍，殺草藥劑增加 21 倍，增加幅度，殊爲驚人，就長遠着想，本省蔗田之全面推行藥劑除草是必然趨勢。

蔗田雜草種類很多，各有其生長特性，因時間地區之不同，田間分佈極爲複雜。各種殺草劑性質不同，可能控制雜草的種類各異，殺草劑與雜草適當配合始能發揮最高效力，盲目施用，常得不償失。

周耦保等[2]對台灣蔗田雜草種類曾作粗略調査，說明蔗田雜草共 100 種，分屬 25 科，但僅 32 種會列舉學名，且無每種雜草之分佈資料。王洪範等[1]在屏東地區之調査， 記載該區蔗田雜草 156 種，分屬 34 科，但並未就其分佈情形詳細述明。許有土[3] 編著之台灣蔗田雜草防除手冊，曾列舉蔗田雜草 127 種，分屬 34 科，每種雜草之分佈僅概括說明，未能允爲詳盡。台灣大學農藝系出版之「台灣耕地之雜草」[5]，包括蔗田雜草在內，其中春作及秋作各有雜草 131 種，前

---

(1)台灣糖業試驗所審定發表論文第R5—47號。

(2)本所新營實驗場十一等農藝技術監。

(3)本文於59年9月25日收到。

者爲 110 個後者爲 107 個樣品之統計結果，就本省十萬公頃蔗田而言，取樣未免太少。著者等有鑑於蔗田雜草分佈資料之迫切須要，乃自 58 年起進行調查，全部資料經整理完成，特草斯文，以就正於方家。

二、調 查 方 法

每一糖廠之蔗作區依自然地形分爲四區，每區再分爲七個副區，調查時在每一副區任擇一平方公尺之面積，將此範圍內之雜草一一掘起，盛於小型塑膠袋中攜帶回場，然後計算每種雜草之株數，風乾後稱量每種雜草之乾重，每一種雜草均製成乾燥標本，作爲日後鑑定學名之用。

甘蔗爲一長期作物，其栽培制度又分爲秋植春植及宿根數種，一次調查恐不足以明瞭各種雜草之實際分佈，因此本調查依時序分爲春季（2—3 月）夏季（5—6 月）秋季（8—9 月）及冬季（11—12 月）四次。

三、調 查 結 果

經全年四次調查，新營總廠區蔗田共採得雜草 88 種，分屬於 27 科 71 屬。（表一）

每種雜草之中名（土名）極爲紊亂，爲便於查考，本報告僅選用最通俗之一種。

每種雜草均計算其出現百分率（Percentage of Frequency）；單位面積株數，單位面積乾重就其中主要十五種在各廠區之出現百分率及其乾重量列如表二及表三以資查考。

第一表、新營總廠區蔗田雜草名目

編號	中名	學名	科名
1	早辣蓼	Polygonum lapathifolium Linn	Polygonaceae
2	酸模	Rumex acetosa Linn	〃
3	白藜	Chenopodium album Linn	Chenopodiaceae
4	臭杏	C. Ambrosioides Linn	〃
5	小葉灰藋	C. ficifolium	〃
6	蔡鼻草	Achyranthes obtusifolia Lam.	Amaranthaceae
7	節節花	Alternanthera nodiflora R. Br.	〃
8	滿天星	A. sessilis R. Br.	〃

編號	中名	學名	科
9	刺莧	Amaranthus spinosus Linn	Amaranthaceae
10	綠莧	A. viridis Linn	〃
11	青箱	Celosia argentea Linn	〃
12	山芥菜	Rorippa atrovirens (Hornem) Ohwi et Hara.	Cruciferae
13	合明	Aeschynomene indica Linn.	Leguminosae
14	山土豆	Alysicarpus nummularifolius (Linn.) DC.	〃
15	決明	Cassia tora	〃
16	含羞草	Mimosa pudica Linn	〃
17	鐵莧草	Acalypha australis Linn.	Euphorbiaceae
18	金射榔	A. australis var. lanceolata Hyata.	〃
19	飛陽草	Euphorbia hirta Linn	〃
20	羊母乳	E. serrulata Reinw.	〃
21	紅乳草	E. thymifolia Linn.	〃
22	小返魂	Phyllanthuns niruri Linn	〃
23	葉小珠	P. urinaria Linn	〃
24	圓葉金午時花	Sida cordifolia Linn.	Malvaceae
25	白纚	Sida spp.	〃
26	貳母子草	Urena lobata Linn	〃
27	水丁香	Ludwigia octovalis (Jacq) Reaven.	Oenotheraceae
28	假黃麻	Corchorus aestuans Linn	Tiliaceae
29	地棠草	Centella asiatica (L.) Urban	Umbelliferae
30	山元妥	Oenanthe javanica (Bleme) DC.	〃
31	黃花子菜	Palanisia viscosa DC.	Capparidaceae
32	猫牽牛	Ipomoea hardwichii Hemsl.	Convolvulaceae
33	野牽牛花	Pharbitis congesta (R. Br.) Hara.	〃
34	細疊子草	Bothriospermum tenellum Fisch. et Mey.	Borraginaceae
35	狗尾虫草	Heliotropium indicum Linn.	〃
36	苦蘵草	Physalis angulata Linn	Solanaceae
37	龍葵	Solanum nigrum Linn	〃
38	藿香薊	Ageratum conyzoides Linn	Compositae
39	鬼針草	Bidens bipinnata Linn	〃
40	吐金草	Centipeda minima (Linn) A. Braun et Asch.	〃
41	墨菜	Eclipta prostrata (L.) Linn	〃
42	葉下紅	Emilia sonchifolia A. DC.	〃

編號	中名	學名	科名
43	山東蒿	Epaltes australis Less.	Compositae
44	加拿大蓬	Erigeron canadensis Linn.	〃
45	鼠麴草	Gnaphalium affine D. Don	〃
46	鼠㲉舅	G. purpureum Linn	〃
47	泥胡菜	Hemistepta lyrata Bunge	〃
48	苦蔴兒	Ixeris chinensis (Thunb.) Nakai	〃
49	苦蔴菜	Sonchus arvensis Linn var. uliginosus Tra.	〃
50	苦買草	S. oleraceus Linn	〃
51	金腰箭	Synedrella nodiflora (Linn.) Gaertn.	〃
52	燈龍草	Tridax procumbens L.	〃
53	葈耳	Xanthium strumarium Linn	〃
54	波緣竹子菜	Commelina undulata R. Br.	Commelinaceae
55	毛茛	Ranunculus cantoniensis DC.	Ranunculaceae
56	酢醬草	Oxalis corniculata Linn	Oxaliaceae
57	馬齒莧	Portulaca oleracea Linn	Portulacaceae
58	鷄腸草	Stellaria media	Caryophyllaceae
59	過江藤	Lippia nodiflora Rich.	Verbenaceae
60	益田草	Leonurus sibiricus Linn	Labiatae
61	雪見草	Salvia plebeia R. Br.	〃
62	定經草	Ilysanthes antipoda (L.) Merr.	Scrophulariaceae
63	百合草	Lindernia crustacea (Linn) F. Muell.	〃
64	金荔枝	Scoparia dulcis Linn	〃
65	珠子草	Hedyotis diffusa willd.	Rubiaceae
66	烟茅草	Bulbostylis barbata Kunth.	Cyperaceae
67	扁穗莎草	Cyerus compressus Linn	〃
68	水烟花	C. haspan Linn	〃
69	莎草	C. iria Linn	〃
70	香附子	C. rotundus Linn	〃
71	木虱草	Fimbristylis miliaceae (Linn) Vahl.	〃
72	狗牙根	Cynodon dactylon Pers.	Gramineae
73	龍瓜茅	Dactyloctenium aegyptium (Linn) Richter.	〃
74	假馬唐	Digitaria adscendens (HKB) Henr.	〃
75	紫果指草	D. violascens Link	〃
76	芒稷	Echinochloa colona (Linn) Link	〃

編號	中名	學名	科名
77	台灣野稗	E. crus-galli Beauv. var. formosensis Ohwi	Gramineae
78	牛筋草	Eleusine indica Gaertn.	〃
79	小畫眉草	Eragrostis plumosa Link	〃
80	紫野黍	Eriochloa procera	〃
81	野黍	E. villosa (Thunb.) Kunth.	〃
82	白茅	Imperata cylindrica (Linn) P. Beauv. var. major (Nees) C.E. Hubb.	〃
83	紅毛蕃	Leptochloa filitarmis Beavr.	〃
84	竹葉草	Oplismenus compositus (L.) Beauv.	〃
85	舖地黍	Panicum repens Linn	〃
86	雙穗雀稗	Paspalum distichum Linn	〃
87	狗尾草	Setaria viridis Beauv.	〃
88	節節草	Equisetum ramosissimum Desv.	Equisetaceae

第二表、新營總廠區十五種主要蔗田雜草之分佈（出現%）

時期 / 地點 / 雜草名	2—3 月			5—6 月			8—9 月			11—12 月			平均
	新營	烏樹林	岸內	新營	烏樹林	岸內	新營	烏樹林	岸內	新營	烏樹林	岸內	
小葉灰藋	85.7	89.2	96.4	39.2	35.6	57.1	3.5	0	0	42.8	14.2	67.8	44.2
龍葵	92.8	78.5	92.6	39.2	21.3	53.5	3.5	3.5	14.2	46.3	10.6	74.9	44.2
苦蘵草	24.9	14.2	46.3	21.3	10.7	46.3	28.5	10.6	21.3	32.0	10.6	49.9	26.3
牛筋草	3.5	10.6	17.7	74.9	46.3	71.4	85.7	57.1	92.8	60.6	74.9	78.5	56.1
野黍	3.5	17.8	7.1	85.7	64.2	85.7	32.0	35.6	57.1	28.5	38.3	53.5	42.4
綠莧	32.1	28.5	28.5	42.8	42.8	39.2	39.2	64.2	53.5	10.6	39.2	35.6	38.0
假馬唐	14.2	24.9	46.3	21.3	49.9	14.2	35.6	49.9	67.8	32.0	42.8	49.9	37.4
芒稷	3.5	28.5	28.5	46.3	21.3	24.9	17.7	24.9	21.3	28.5	17.8	21.3	23.7
藿香薊	14.2	21.3	0	14.2	39.2	14.2	46.4	53.5	3.5	46.3	67.8	7.1	27.3
葉下珠	0	0	0	14.2	7.1	14.2	53.5	32.1	28.5	17.7	10.6	17.7	16.3
狗尾虫草	32.1	49.8	3.5	21.3	10.6	3.5	14.2	7.1	0	32.0	14.2	10.6	16.5
飛陽草	0	0	0	21.3	24.9	32.1	10.6	39.2	14.2	14.2	24.9	3.5	15.4
香附子	0	3.5	0	14.2	35.6	10.6	17.8	46.3	14.2	7.1	7.1	0	13.0
馬齒莧	3.5	14.2	7.1	32.0	57.1	21.3	24.9	35.6	39.2	14.2	28.5	14.2	24.3
墨菜	17.7	17.8	49.9	21.3	21.3	35.6	7.1	14.2	32.1	17.8	10.6	10.6	19.8

第三表、新營總廠區十五種主要蔗田雜草之分佈（單位面積 $28m^2$—乾量 gr.）

時期	2—3 月			5—6 月			8—9 月			11—12 月			合計
雜草名＼地點	新營	烏樹林	岸內	新營	烏樹林	岸內	新營	烏樹林	岸內	新營	烏樹林	岸內	
牛筋草	5.2	29.8	39.0	188.2	207.1	647.4	457.8	380.0	574.0	266.8	323.2	457.7	298.0
小葉灰藋	560.0	451.0	405.4	79.4	61.5	220.1	19.5	0	0	154.5	28.7	317.8	191.4
龍葵	587.5	290.6	304.7	55.5	29.1	240.2	5.5	3.5	12.7	128.3	19.0	326.7	133.5
野黍	11.8	27.8	17.5	427.4	414.3	956.3	184.6	150.0	154.4	139.9	112.0	257.1	249.3
綠莧	89.4	147.6	75.0	115.4	301.0	278.3	48.5	177.4	60.9	17.4	131.6	166.6	134.0
假馬唐	72.1	120.2	132.9	29.2	161.6	113.7	135.6	181.1	192.2	115.3	122.9	199.3	131.3
藿香薊	19.9	40.2	0	6.2	74.1	22.3	132.6	237.5	1.0	190.2	135.2	11.5	72.5
苦蘵草	80.8	31.5	83.6	110.4	22.6	293.6	35.2	27.7	16.5	89.9	11.3	106.8	75.8
馬齒莧	15.8	73.0	22.9	146.0	77.6	64.6	52.2	92.8	81.9	38.5	103.0	103.9	72.6
芒稷	6.4	92.0	100.3	69.5	24.8	217.3	73.6	80.9	58.4	122.7	66.0	102.1	84.5
曌桊	28.7	60.7	172.6	14.2	22.2	112.7	25.7	26.0	30.9	35.3	9.9	27.0	54.5
狗尾虫草	67.2	89.1	10.5	10.6	4.0	2.5	20.3	6.8	0	59.7	12.6	46.5	27.0
葉下珠	0	0	0	3.2	7.7	26.6	115.8	50.6	22.1	49.7	15.9	58.6	29.1
飛陽草	0	0	84.8	15.5	15.5	0	9.2	63.1	16.6	60.2	29.6	2.0	23.4
香附子	0	8.8	0	113.5	150.2	77.8	66.9	249.5	48.2	36.5	18.5	0	64.1

四、討　論

蔗田藥劑除草首要之務在於必須知道蔗田中有些什麼草，然後爲這些草找最適當的藥劑；最適當的用量及最適當的施用方法。否則就會本末倒置，事倍而工半，所以蔗田雜草調查實在是最基本的工作。

衡量各種雜草的重要性目前有三種方法：(1)調查當時各種雜草之出現百分率（Pereentage of Frequeney），(2)單位面積內雜草重量，(3)單位面積內雜草株數，本次調查時三種標準均經採用，就實用的目的而言，似乎前二種較爲合宜，出現百分率可表示某種雜草之分佈情形（Distrilbution）單位面積雜草乾重可表示雜草與主作物爭取水份肥份及空間的能力。雜草愈重能力愈大，對主作物之影響也較大。統計本次調查之十五種重要雜草，其分佈廣泛與否之順序與乾重大小之順序，有十種幾乎相似，其餘五種也差異不大，本公司其他各區舉行蔗田雜草調查時，如限於人力物力不能兼顧時，選擇一種標準即可。

新營總廠區蔗田雜草的種類雖有 88 種，但較爲重要者僅約十五種，此十五種雜草之出現百分率爲 56.1—13.0 %，平均 29.6%，分佈頗爲廣泛。十五種雜草單位面積乾重佔全體雜草乾重之 66.8 %，其重要性可想而知。（參考第二表及第三表）

此十五種雜草中屬於禾本科者最多共四種，大戟科茄科及菊科各二種，馬齒莧科藜科莧科紫草科及莎草科各一種，如依葉片形狀來分，闊葉草較多約十種，狹葉草五種。

由第二、三表之結果，可知各種雜草年中及地區分佈都有明顯的差別，就時序而言，苦蘵草綠莧假馬唐芒稷及墨菜之分佈四季並無顯明差別，小柴灰藋狗尾虫草及龍葵秋季很少發生，其他三季則較多，春季較少而其他三季較多之雜草為牛筋草野黍藿香薊葉下珠飛陽草馬齒莧及香附子七種。

新營總廠區之蔗作適地雖均集中於台南縣境，但雜草之分佈地區間仍有差別。岸內糖廠蔗田雜草顯然較其他二廠稍多。就不同雜草種類而言，新營廠較多之雜草為葉下珠及狗尾虫草，烏樹林廠較多之雜草為綠莧藿香薊飛陽草香附子及馬齒莧，岸內廠較多之雜草為龍葵牛筋草野黍假馬唐及墨菜。

誌謝：本調查進行期中，承胡場長崇理之領導，黃輝龍先生及各廠同仁之協助，得以順行推行。
雜草種類承蒙李教授學勇、劉技師德霖代為鑑定，特此一併誌謝。

五、參 考 文 獻

1. 王洪範、丘應模（1958）台灣省高雄屏東地區蔗田雜草名錄。 台糖公司出版。
2. 周耦保等（1957）蔗田藥劑除草之研究。糖試所 45/46 年期研究報告 pp.28—33 1957。
3. 許有士（1968）台灣蔗田雜草防除手冊。台灣糖業公司出版。
4. 許有士（1969）日本除草劑之使用情況與發展經過。台糖通訊45：17。
5. 台灣大學農學院農藝系（1968）台灣耕地之雜草。 Vol. I. Vol. II。

白鼠對殺鼠靈(Warfarin)之耐性試驗[1]

王　博　優[2]

摘　　要

大白鼠（*R.norvegicus*，Strain：Long Evans）對 Warfarin 之耐藥性較小白鼠（*M.musculus*，Strain：D.D. Swiss White）爲弱。而小白鼠對 0.025% Warfarin 毒餌，又以雄鼠較雌鼠爲敏感。雌小白鼠取食 0.025% Warfarin 之死亡中率所需食毒日數爲三日。

兩種白鼠取食 Warfarin 毒餌二至三日後，毒性發作，食量銳減，經一週後即逐漸恢復正常；連續中毒數次，其耐性顯見增加，死亡率減少，且毒餌之取食量增加。

大白鼠平均體重 224.9 克，取食糙米量每日平均 19.7 克，每百克體重每日之取食率爲 8.7%。小白鼠平均體重 29.2 克，每日平均約食 4.5 克，取食率爲 15.4%。

一、前　　言

藥劑防除鼠害爲目前最佳而效果最快的方法。殺鼠劑的種類主有二大類，即劇毒性劑和抗凝血素劑。劇性藥劑殺鼠效果較快，但毒性太强，鼠隻易拒食，且多有第二次中毒現象，對人畜危險性極大；而抗凝血素劑由於其較安全，採用較廣。

Warfarin 係 Coumarin 系的一種衍生物，爲抗凝血素毒劑中最具效果者。因其無味無臭，毒性緩和，鼠隻中毒而不知，仍能繼續取食，致內出血而致死，效果極佳。自1950年問世以來，即被全球各地普遍採用。本省自民國40年由本所首先推廣使用後[1]，爲本省鼠害防除提供很大的效果。尤以 46—47 年全省防除野鼠，造成輝煌的成果。目前仍爲本公司蔗園及全省鼠害防除的主要藥劑。

然而本劑使用時期已久，某些地區如丹麥、英格蘭、蘇格蘭、澳洲及圭亞那等地發現鼠隻已產生抗性[2]。由是而應用 Warfarin 爲殺鼠劑的國家或地區[4]，均已密切注意於此一問題。

本試驗主在藉白鼠取食 Warfarin 毒餌後所產生的各項反應及其耐藥性，俾供探討野鼠耐藥性試驗之參考。玆就所得結果報告之，以就正於方家。

---

(1)台灣糖業試驗所審定發表論文第R5—48號。

(2)本所植物保護系七等農藝技術師。

(3)本文於59年11月2日收到。

二、材料與方法

供本試驗所用之大白鼠（Albino rat; *Rattus norvegicus*, Strain : Long Evans）及小白鼠（Albino mouse; *Mus musculus*, Strain; D.D. Swiss White）係美國海軍第二醫學研究所贈送而加以繁殖者。各項試驗均在飼育室內進行。將供試鼠隻分別置於籠內，飼以毒餌或無毒食餌，每日調查其取食量及死亡隻數，觀察其中毒情形並記錄所需致死日數。殺鼠靈（Warfarin）則係本公司高雄農化廠所生產之 0.5 %粉劑，以糙米爲毒餌材料，花生油爲粘着劑，配成所需濃度之粒狀毒餌供試。

耐性試驗，係以 0.025 %殺鼠靈毒餌爲標準，求出達死亡中率所需之取食日數，然後將存活鼠隻繼續每隔七至十日不等，再飼毒餌一次，觀察其對殺鼠靈之耐藥性。本試驗最高連續飼毒達10次以上。各次試驗進行前，均經四至七日取食無毒食餌（糙米）量之調查，求出正常取食量，做爲毒餌取食情況之參考。試驗進行中，均予充分給水。

三、試驗結果

Ⅰ. 白鼠之取食量調查；以糙米爲主飼料，兩種白鼠每日之平均取食量，如表一及表二。

表一、大白鼠之糙米取食量

No.	性別	體重 (gm)	每日取食量 (gm)								每百克體重每日之取食率
			58Ⅲ／4	5	6	7	8	9	合計	平均	
1	♀	203	21	22	22	22	21	22	130	21.7	
2	♀	196	17	20	19	21	18	20	115	19.7	
3	♀	182	15	16	19	14	15	17	96	16.0	
4	♀	176	16	19	18	14	16	15	98	16.3	8.7%
5	♀	175	18	18	19	14	16	16	101	16.8	
6	♂	270	19	27	21	21	21	22	131	21.8	
7	♂	294	27	25	22	21	20	22	137	22.8	
8	♂	303	21	4	31	27	26	24	133	22.2	
合計		1799	154	151	171	154	152	158	941	157.3	
平均		224.9	19.3	18.9	21.4	19.3	19.0	19.8	117.6	19.7	

表二、小白鼠之糙米取食量

No.	性別	體重 (gm)	每日取食量 (gm)							每百克體重每日之取食率
			57Ⅻ/3	4	5	6	7	合計	平均	
1	♀	30	4	8	3	5	4	24	4.8	
2	♀	30	4	6	4	5	4	23	4.6	
3	♀	31	4	3	6	4	4	21	4.2	
4	♀	28	3	4	4	3	4	18	3.6	
5	♀	29	4	3	2	5	5	19	3.8	15.4%
6	♂	29	6	4	7	5	5	27	5.6	
7	♂	26	4	6	4	5	4	23	4.6	
8	♂	28	4	3	5	4	5	21	4.2	
9	♂	30	4	7	3	5	5	24	4.8	
10	♂	31	3	7	4	6	6	26	5.2	
合計		292	40	51	42	47	46	226	45.4	
平均		29.2	4.0	5.1	4.2	4.7	4.6	22.6	4.5	

大白鼠平均每日取食糙米 19.7gm 約為百克體重之 8.7 %。雌鼠食量較小 (16.0～21.7gm)，雄鼠食量較大 (21.2～22.8gm)。小白鼠平均每日取食量 4.5gm 約為百克體重之 15.4 %，亦以雄鼠之食量較大 (4.2～5.6gm)，雌鼠食量較小 (3.6～4.8gm)。

Ⅱ. 大白鼠對殺鼠靈耐藥性試驗：為瞭解大白鼠對 0.025 %殺鼠靈毒餌耐性之強弱，先以白鼠 7 隻，分別飼毒〇 (對照)、一、二、三、四、五、六日等處理，經一週後除對照外，所有鼠隻均死亡，雖僅食毒一日者亦難倖免。由此知大白鼠對殺鼠靈之抗性極弱。於是再求其死亡中率所需食毒日數，試驗結果如下列各表。

表三、大白鼠取食 0.025 %殺鼠靈毒餌一日之死亡情形

No.	性別	體重 (gm)	毒餌取食量 (gm)	無毒餌取食量 (gm)						死亡日數	每百克體重之毒餌取食率
			58Ⅲ/10	58Ⅲ/10	11	12	13	14	15		
1	♀	196	12	、	18	20	—	—	—	3日	
2	♀	182	13	、	19	16	15	4	0	6	
3	♀	176	17	、	10	11	—	—	—	3	7.2%
4	♀	175	12	、	17	19	11	—	—	4	(1.8mg.A.I)
5	♂	294	22	、	20	20	18	6	1	6	
6	♂	303	21	、	26	25	4	—	—	4	
Ck	♀	203	—	20.5	17.5	22.5	22	21.5	21.5	、	
Ck	♂	270	—							、	
合計		1799	97		110	111	48	10	1	26	
平均		224.9	16.2		18.3	18.5	12.0	5.0	0.5	4.3	

表四、大白鼠取食 0.025 %殺鼠靈毒餌二日之死亡情形

No.	性別	體重 (gm)	毒餌取食量 (gm) 58Ⅲ/10	11	合計	平均	無毒餌取食量(gm) Ⅲ/12	13	14	15	死亡日數	每百克體重之毒餌取食率
1	♀	189	14	18	32	16.0	22	12	9	6	6日	
2	♀	196	20	19	39	19.5	20	9	0	—	5	
3	♀	171	17	16	33	16.5	14	9	6	0	6	
4	♀	194	20	20	40	20.0	22	12	0	—	5	13.6%
5	♂	276	18	22	40	20.0	7	2	—	—	4	(3.4mgA.I.)
6	♂	288	28	24	52	26.0	12	0	—	—	4	
Ck	♀	203	—	—	—	—	22.5	22	21.5	21.5	、	
Ck	♂	288	—	—	—	—					、	
合計		1805	117	119	236	118	97	44	15	6	30	
平均		225.6	19.5	19.8	39.3	19.7	16.1	7.3	3.7	3.0	5.0	

由表三及表四可知大白鼠不論取食 0.025 %殺鼠靈毒餌一日（有效成分約 1.8 mg）或二日（約 3.4mg A.I.）其死亡率均達 100%，且所有死亡鼠隻中毒極深，均呈現嚴重之內出血。於是將毒餌濃度降低為 0.01%，0.005 %及 0.0025 %供試，其結果如表五、表六及表七。

表五、大白鼠取食 0.01 %和 0.005 %殺鼠靈毒餌一日死亡情形

No.	性別	體重 (gm)	毒餌濃度	毒餌取食量 58Ⅲ/25	無毒餌取食量 (gm) Ⅲ/26	27	28	29—30	31	4/1	4/2	死亡日數	每百克體重之毒餌取食率
1	♀	233	0.01%	13gm	16	15	—	—	—	—	—	3日	
2	♀	230	〃	12	16	11	—	—	—	—	—	3	
3	♀	189	〃	15	14	13	11	3	—	—	—	5	6.6%
4	♀	228	〃	19	14	14	0	—	—	—	—	4	(0.65mgA.I.)
5	♂	335	〃	19	17	17	18	—	—	—	—	4	
6	♂	308	〃	17	17	17	21	4	8	14	16	、	
7	♂	276	〃	24	14	14	9	1	—	—	—	5	
合計		1799		119	108	101	59	8	8	14	16	24	
平均		257		17	15.4	14.4	11.8	2.6	—	—	—	4.0	
8	♀	231	0.005%	23	24	14	3	—	—	—	—	4	
9	♀	241	〃	23	21	18	14	4	2	—	—	6	
10	♀	210	〃	17	15	16	2	—	—	—	—	4	6.9%
11	♂	335	〃	18	19	13	16	20	17	19	16	、	(0.25mgA.I.)
12	♂	359	〃	18	19	14	8	—	—	—	—	4	
13	♂	345	〃	20	21	17	1	—	—	—	—	4	
合計		1703		118	119	92	44	24	19	19	16	22	
平均		284		19.6	19.8	15.3	7.3	12	9.5	、	、	4.4	
14			Ck	19	19	19	19	24	27	19	25	、	

用0.01％和0.005％濃度之毒餌，飼食一日之結果（如表五），供試鼠隻中，除對照外，兩處理各一隻存活。存活者改飼糙米經十一日後，第二次飼毒一日，於四日後死亡。濃度再降至0.0025％時，飼毒一日之死亡率為0～30％，飼毒二日者約為70％。且致死日數亦略延長。（表六及表七）

表六、大白鼠取食 0.0025％ 殺鼠靈毒餌一日之死亡情形

No.	性別	毒餌取食量 (gm)	無毒餌取食量 (gm)											死亡日數	每百克體重之毒餌取食率
		58 Ⅵ/3	Ⅵ/4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	日	
1	♂	24	18	18	16	20	16	17	19	13	18	17	18	、	
2	♂	24	20	19	12	3	0	0	9	18	17	13	19	、	8.3%
3	♂	25	20	19	23	3	—	—	—	—	—	—	—	5	(0.207gmA.I.)
4	♀	20	17	15	11	11	15	12	12	20	18	12	17	、	
5	♀	22	15	12	12	—	—	—	—	—	—	—	—	4	
6	♀	15	14	14	8	12	11	7	11	12	10	10	10	、	
7	♀	18	14	13	10	13	13	5	9	11	8	9	12	、	
Ck	♀	—	18	11	15	13	15	14	17	15	18	15	15	、	
合計		148	118	110	92	62	55	41	60	74	71	61	76		
平均		21.1	16.9	15.7	13.1	10.3	11	8.2	12.0	14.8	14.2	12.2	15.2		

※No.4 Ⅵ/7前足積血。

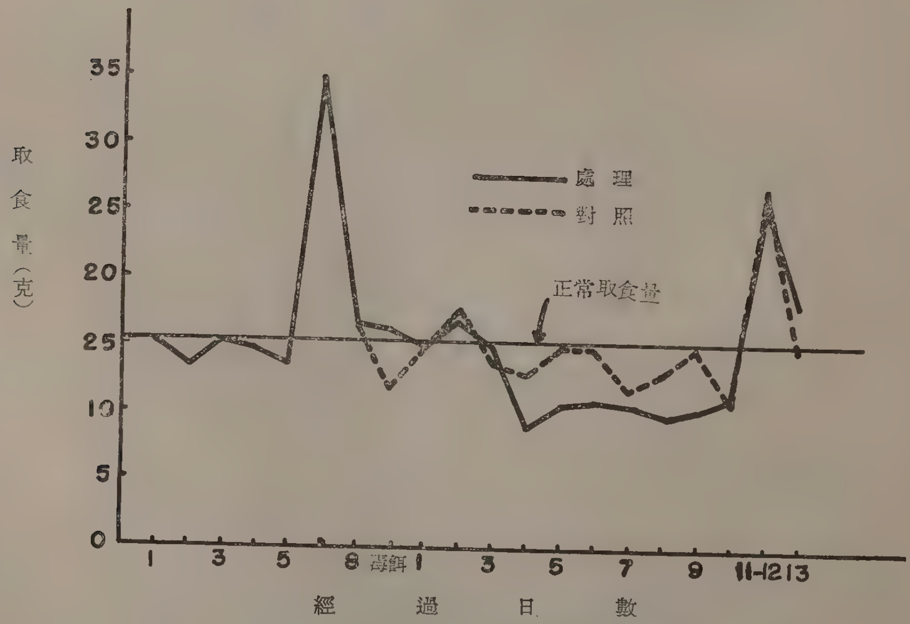
表七、大白鼠取食 0.0025％ 殺鼠靈毒餌二日之死亡情形

No.	性別	體重 (gm)	毒餌取食量 (gm)				無毒餌取食量 (gm)									死亡日數	每百克體重之毒餌取食率
			58 Ⅴ/19	20	合計	平均	Ⅴ/21	22	23	24—25	26	27	28	29	30	日	
1	♂	390	13	17	30	15.0	14	13	0	—	—	—	—	—	—	5	
2	♂	—	14	20	34	17.0	15	17	7	12	14	14	19	14	18	、	
3	♀	225	16	17	33	16.5	18	8	2	1	—	—	—	—	—	6	10.1%
4	♀	—	7	14	21	10.5	12	9	8	24	8	11	13	14	12	、	(0.25mgA.I)
5	♀	252	9	12	21	10.5	15	11	12	16	8	0	—	—	—	8	
6	♀	251	10	15	25	12.5	7	6	6	12	8	10	14	2	—	10	
7	♀	232	10	18	28	14.0	15	14	10	16	1	1	—	—	—	8	
Ck	♀	—	—	—	—	—	15	15	18	28	14	15	18	14	16	、	
合計		1350	79	113	—	96	96	78	45	81	39	36	46	30	30	37	
平均		270	11.3	16.1	27.4	13.7	13.7	11.1	6.4	13.5	7.8	7.2	15.3	10	15	7.4	

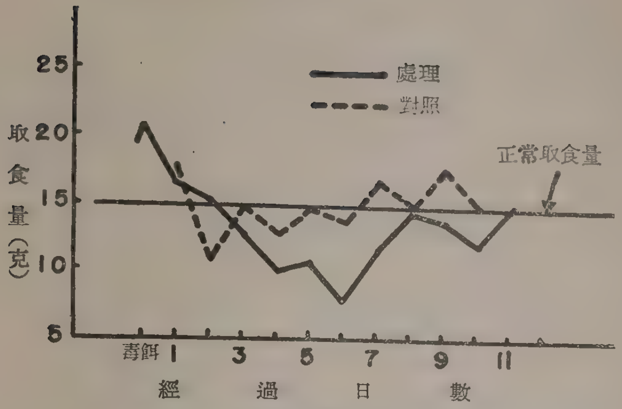
由上述試驗結果知大白鼠對殺鼠靈毒餌甚敏感，其取食0.0025%殺鼠靈毒餌之死亡中率所需日數爲一至二日。將鼠隻飼毒一日或二日後改飼糙米，觀察其食毒後取食量之變化，及其回復所需之日數，如表八及圖一、圖二：

表八、大白鼠取食 0.0025 %殺鼠靈毒餌後食量之變化

No.	無毒餌取食量（gm）									毒餌	無毒餌取食量											
	58 IV/7	8	9	10	11	12~13	14	合計	平均	IV/15	IV/16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26~27	28
1	14	11	15	14	12	26	14	106	13.2	13	15	15	11	12	15	13	13	13	11	12	25	15
2	15	14	16	14	14	27	17	117	14.6	12	15	17	19	11	15	15	15	13	11	10	27	15
3	15	15	18	15	14	31	20	128	16.0	20	15	18	14	7	5	5	8	7	13	13	27	20
4	15	16	12	19	13	28	15	118	14.7	18	15	18	16	6	8	11	7	7	7	11	25	24
Ck	18	11	15	12	15	29	17	117	14.6	12	15	18	14	13	15	15	12	13	15	11	27	15
合計	77	67	76	74	68	41	83	586	73.1	63	60	68	60	36	43	44	43	40	42	46	104	74
平均	15.4	13.4	15.2	14.8	13.6	35.2	16.6		15.4	15.8	15.0	17.0	15.0	9.0	10.8	11.0	10.8	10.0	10.5	11.5	26.0	18.5



圖一：大白鼠取食0.0025%殺鼠靈毒餌後之食量變化(一)



圖二：大白鼠取食 0.0025% 殺鼠靈毒餌後之食量變化情形(二)

由表八及圖一、二所示，大白鼠取食 0.0025% 殺鼠靈毒餌一日，經過二至三日後毒性發作，鼠隻呈現疲憊狀，取食量亦銳減，中毒較輕者如此再經過五至六日掙扎後，食量逐漸增加，而恢復正常。

Ⅲ.殺鼠靈對小白鼠之毒殺效果：

以 0.025% 殺鼠靈毒餌，分別供飼〇、一、二、三、四、五、六、七日等處理共白鼠八隻，結果如表九。取食毒餌四日以上者雖改飼糙米，仍無法存活，而取食毒餌三日以下者雖中毒，但於改飼糙米後，均存活。

表九、小白鼠取食 0.025% 殺鼠靈毒餌不同日數之死亡情形

No.	性別	體重 (gm)	處理	毒餌取食量 (gm)						無毒餌取食 (gm)						
				58 I/12	13	14	15	16	17	I/12	13	14	15	16	17	18
1	♀	31.5	飼毒 1天	5.5							4.0	6.5	6.0	2.5	4.0	3.5
2	〃	31.0	〃 2	4.0	5.5							5.0	6.5	4.5	5.5	3.5
3	〃	31.0	〃 3	6.0	6.0	4.0							2.0	2.0	3.0	3.5
4	〃	33.5	〃 4	9.0	7.0	8.5	0.5							5.5	3.0	×
5	〃	32.0	〃 5	1.0	2.0	3.5	3.0	0							0.5	×
6	〃	31.5	〃 6	4.0	4.0	3.5	0	×						×		
7	〃	33.0	〃 7	6.0	5.5	5.0	1.0	×						×		
8	〃	35.0	Ck							6.0	5.0	7.0	8.0	6.5	7.0	9.5

×表示死亡。

由此知小白鼠對殺鼠靈之耐性較大白鼠為強。其對 0.025% 殺鼠靈毒餌之不同取食日數之死亡情形如下：

表十、小白鼠（♀）不同取食毒餌日數之死亡情形

Ⅰ. 飼毒 4 日

No.	性別	體重 (gm)	毒餌取食量 (gm)						無毒餌取食量 (gm)						死亡日數	每百克體重之毒餌取食率
			58 Ⅳ/3	4	5	6	合計	平均	Ⅳ/7	8	9	10	11	12~13		
															日	
1	♀	26	3	5	6	1	15	3.8	4	4	3	7	3	9	1	
2	〃	24	4	5	4	2	15	3.8	1	0	0	—	—	—	7	
3	〃	32	4	5	6	2	17	4.3	—	—	—	—	—	—	4	50.5%
4	〃	25	6	2	2	1	11	2.8	1	—	—	—	—	—	5	(12.63mgA.I.)
5	〃	30	6	6	5	2	19	4.8	2	—	—	—	—	—	5	
6	〃	28	3	2	1	0	6	1.5	—	—	—	—	—	—	4	
7	〃	30	8	3	2	1	14	3.5	2	1	1	4	3	9	、	
Ck	〃	25	4	6	5	1	16	4.0	5	4	3	5	3	8	、	
合計		220	34	28	26	9	97	24.5							25	
平均		27.5	4.9	4.0	3.7	1.3	13.9	3.5							5.0	

Ⅱ. 飼毒 3 日

No.	性別	體重 (gm)	毒餌取食量 (gm)					死亡日期	死亡日數	每百克體重之毒餌取食率
			58 Ⅱ/11	12	13	合計	平均			
									日	
1	♀	40	6.5	7.0	3.0	16.5	5.5	活	、	
2	〃	35	4.5	7.0	4.5	16.0	5.3	Ⅱ/16	6	
3	〃	31	5.5	4.0	3.0	12.5	4.2	Ⅱ/16	6	46.2%
4	〃	34	5.0	6.0	4.0	15.0	5.0	活	、	(11.55mgA.I.)
5	〃	32	6.5	5.0	5.0	16.5	5.5	活	、	
6	〃	36	6.0	5.5	5.0	16.5	5.5	Ⅱ/21	11	
7	〃	35	8.0	5.0	4.0	17.0	5.7	Ⅱ/16	6	
Ck	〃	30	5.0	5.0	4.0	14.0	4.7	活	、	
合計		273	42.0	39.5	28.5	110.0	36.7		29	
平均		34.0	6.0	5.6	4.1	15.7	5.2		7.2	

Ⅲ. 飼毒 2 日

No.	性別	體重 (gm)	毒餌取食量 (gm)				無毒餌 (gm)		死亡日期	每百克體重之毒餌取食率
			58 Ⅱ/11	12	合計	平均	Ⅱ/13	14		
1	♀	29	6.0	5.0	11.0	5.5	4.5	0	活	
2	〃	31	6.5	5.5	12.0	6.0	5.0	5.0	〃	
3	〃	27	5.0	5.0	10.0	5.0	7.0	5.0	〃	37.4%
4	〃	29	5.0	6.0	11.0	5.5	4.0	1.0	〃	(9.45gmA.I.)
5	〃	25	5.0	4.5	9.5	4.8	4.0	4.0	〃	
6	〃	29	6.0	4.5	10.5	5.3	5.0	4.0	〃	
Ck	〃	30	5.0	5.0	10.0	5.0	4.0	4.0	〃	
合計		200	33.5	30.5	64.0	32.1	28.5	23.0		
平均		28.6	5.6	5.1	10.7	5.4	4.8	3.8		

表十一、小白鼠(♂)不同取食毒餌日數之死亡情形

Ⅰ. 飼毒4日

No.	體重 (gm)	毒餌取食量 (gm)						無毒餌 (gm)			死亡日數	每百克體重之毒餌取食率
		58Ⅳ/28	29	30	Ⅴ/1	合計	平均	Ⅴ/2	3—4	5		
1	31	5	6	4	2	17	4.3	0	2	4	11日	
2	26	5	4	4	0	14	3.5	1	0	—	6	
3	28	5	6	6	3	20	5.0	0	2	—	6	50.2%
4	32	6	6	2	0	14	3.5	—	—	—	4	(12.5mgA.I.)
5	25	3	4	5	1	13	3.3	0	0	—	6	
6	24	5	5	3	0	13	3.3	0	0	—	6	
7	31	2	6	0	—	8	2.0	—	—	—	3	
Ck	—	8	5	5	4	22	5.5	4	8	2	、	
合計	197	31	42	29	10	99	24.9				42	
平均	28.1	4.4	6.0	4.1	1.4	14.1	3.6				6.0	

Ⅱ. 飼毒3日

No.	體重 (gm)	毒餌取食量 (gm)					無毒餌取食量 (gm)				致死日期	每百克體重之毒餌取食率
		58Ⅳ/28	29	30	合計	平均	Ⅴ/1	2	3—4	5		
1	31	5	8	7	20	6.7	1	0	—	—	5日	
2	31	7	6	2	15	5.0	2	—	—	—	4	
3	34	8	8	2	18	6.0	0	—	—	—	4	56.9%
4	25	4	6	5	15	5.0	1	0	—	—	5	(14.23mgA.I.)
5	27	4	6	5	15	5.0	3	0	0	—	6	
6	—	5	7	6	18	6.0	4	2	3	3	、	
7	30	7	7	3	17	5.7	0	1	0	—	6	
合計	178	40	48	30	11.8	39.4					30	
平均	29.7	5.7	6.9	4.3	16.9	5.6					5.0	

Ⅲ. 飼毒2日

No.	體重 (gm)	毒餌取食量 (gm)				無毒餌取食量 (gm)				致死日期	每百克體重之毒餌取食率
		58Ⅴ/26	27	合計	平均	Ⅴ/28	29	30	Ⅴ/31—Ⅵ/1		
1	26	5	3	8	4.0	1	—	—	—	3日	
2	25	3	4	7	3.5	2	1	1	7	、	
3	23	3	3	6	3.0	2	1	1	8	、	23.8%
4	26	4	1	5	2.5	0	—	—	—	3	(5.95gmA.I.)
5	24	4	2	6	3.0	2	2	2	0	6	
6	20	2	0	2	1.0	0	—	—	—	3	
Ck	—	4	5	9	4.5	5	4	3	9	、	
合計	144	21	18	34	17.0					15	
平均	24	3.5	3.0	5.7	2.8					3.7	

由表十及十一知，小白鼠之雄鼠對 0.025% 殺鼠靈較雌鼠爲敏感，雖僅取食二日，死亡率高達 60% 以上；雌鼠食毒二日之死亡率爲〇，食毒三日爲 43～57% 食毒四日者約 70% 。而死亡率達 100% 時之死亡日數約五日（表十二）。

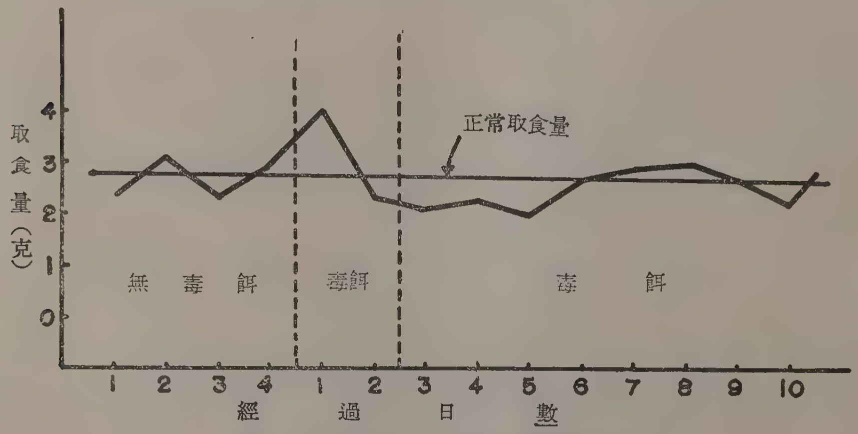
由此可知雌性小白鼠對殺鼠靈之耐藥性較雄鼠爲强，故本試驗乃以之爲對象，進行以後各項試驗，所得結果如下列各項。

表十二、0.025% 殺鼠靈毒餌對小白鼠之毒效

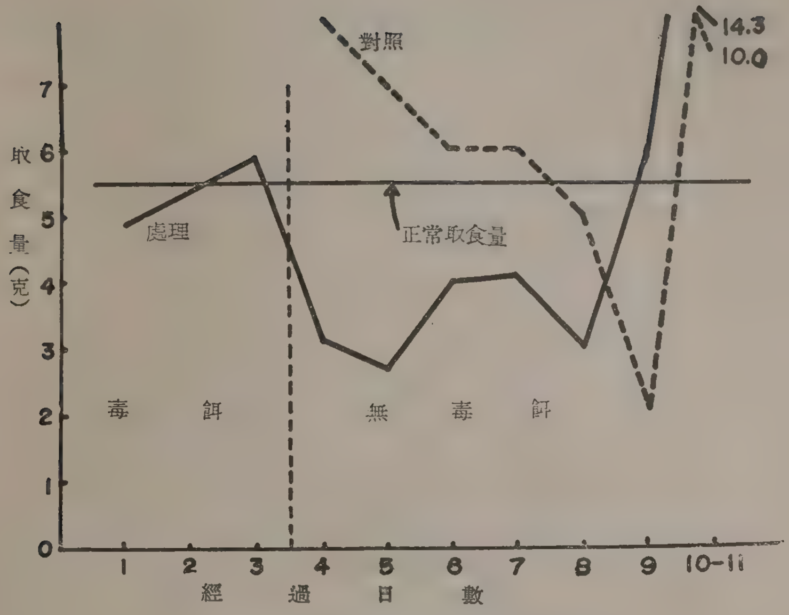
No.	性別	體重 (gm)	無毒餌取食量 (gm)							毒餌取食量 (gm)								致死日數	每百克體重之毒餌取食率
			57 XII/3	4	5	6	7	合計	平均	XII/8	9	10	11	12	13	合計	平均		
1	♂	31	6	4	7	5	5	27	5.4	4	3	2.5	0.5	1	0.5	11.5	1.9	6日	
2	♂	30	4	9	4	5	4	26	5.2	4	3.5	2.5	2.5	3	—	15.5	3.1	5	
3	♂	24	3	3	5	4	5	20	4.0	3	4	1	1.5	—	—	9.5	2.4	4	44.6%
4	♂	31	4	7	3	5	5	24	4.8	4	2	2	4.5	2	1.5	16.0	2.7	6	(11.2mgA.I.)
5	♀	24	4	8	3	5	4	24	4.8	5	1	—	—	—	—	6.0	3.0	2	
6	♀	20	4	6	4	5	4	23	4.6	2	2.5	2.5	3	1	—	11.0	2.2	5	
7	♀	24	3	1	2	4	4	14	2.8	2	2	2	2.5	1	0.5	11.0	1.8	6	
8	♀	24	3	4	2	2	4	15	3.0	3	2.5	2.5	2	0.5	—	12.0	2.4	5	
計		208	31	42	30	35	35	173	346	27	20.5	17.5	16.5	8.5	2.5	92.5	19.5	39	
平均		26.0	3.9	5.3	3.8	4.4	4.4	21.6	4.3	3.4	2.6	2.2	2.1	1.1	0.3	11.6	2.4	4.6	

Ⅳ．小白鼠取食毒餌後之食量變化：

將小白鼠飼以二至三日之 0.025% 殺鼠靈毒餌後改飼無毒糙米，調查鼠隻中毒後取食量之變化情形，與食毒前之食量對照之，以觀察其中毒及回復情形。結果如圖三及圖四。



圖三：小白鼠取食二日毒餌後之食量變化情形



圖四：小白鼠取食三日毒餌後之食量變化情形

如圖三所示，雌白鼠食毒前之平均取食量爲 3.7 克，改飼毒餌二日，第一日之取食量增高，似與毒餌中香味有關，隨後毒餌取食量下降，改飼無毒糙米後，取食量仍未見正常，經過約五日後，食量始見增高而回復正常。又如圖四爲食毒三日者，因其取食毒餌量較多，至第四日改飼糙米後，毒性發作，食量突然減少，經過八日後始逐漸恢復正常。

V. 小白鼠對 0.025% 殺鼠靈之耐性試驗：

由以上試驗知雌小白鼠取食 0.025 %殺鼠靈三日之死亡率約爲 50 %， 其中毒未死之鼠隻，經五至八日後即漸恢復健康。乃就此等存活鼠隻連續每隔十至十四日不等，再飼毒三或四日，以觀察鼠隻多次中毒後，對殺鼠靈之耐性。第一次試驗，以十三隻小白鼠分別飼毒二至三日，連續飼毒六次，結果如表十三及十四。

表十三、雌小白鼠對殺鼠靈耐性試驗（一）

No.	體重 (gm)	飼毒次數及取食量 (gm) 一 58 Ⅱ/11-13	二 Ⅱ/24-26	三 Ⅲ/5-8	四 Ⅲ/17-20	五 Ⅳ/7-9	六 Ⅳ/20-23	合計	平均	每百克體重之毒餌取食率
1	40	16.5	—	—	—	—	—	—	—	
2	35	16.0	—	—	—	—	—	—	—	
3	31	12.5	16.5	19.0	12.0	11.0	12.0	83.0	13.8	256.8%
4	34	15.0	17.5	18.0	18.0	16.0	—	84.5	16.9	(64.2mg A.I.)
5	32	16.5	16.0	22.0	16.0	17.0	8.0	95.5	15.9	
6	36	16.5	—	—	—	—	—	—	—	
7	35	17.0	—	—	—	—	—	—	—	
Ck	30	12.5	18	15	20	12	15	92.5	15.4	
合計	273	122.5	50.0	59.0	46.0	44.0	20.0	263.0	46.5	
平均	34.1	15.3	16.7	19.7	15.3	14.7	10.0	87.6	15.5	

表十四、雌小白鼠對殺鼠靈耐性試驗（二）

No.	體重 (gm)	飼毒次數及取食量 (gm) 一 58 Ⅱ/11-12	二 Ⅱ/24-25	三 Ⅲ/5-7	四 Ⅲ/17-19	五 Ⅳ/3-5	六 Ⅳ/17-19	合計	平均	每百克體重之毒餌取食量
1	30	11	11	17	—			39	13	
2	31	12	12	17	16	18	—	75	15	
3	28	10	12	12	11	14	10	69	12	232.8%
4	29	11	13	16	14	15	8	77	13	(58.20mg A.I.)
5	26	10	9	14	12	14	11	70	12	
6	29	11	9	14	15	17	19	75	14	
Ck	30	10	12	16	15	15	15	83	14	
合計	203	65	66	90	68	78	48	405	79	
平均	29	10.8	11.0	15.0	13.6	15.6	12.0	67.5	13.2	

第一次飼毒三日者，供試鼠七隻中死亡四隻，存活者三隻於第三、四及六次飼毒時增爲四日，結果僅死亡一隻（表十三）。第一次飼毒二日者無一死亡，於第三次飼毒時增爲三日，供試鼠六隻中僅死一隻，至第五次又死一隻（表十四）。與第一次即食毒三日者比較（表十），死亡率顯着降低。

第二次試驗就食毒三日所存活之白鼠供試之，每隔十四至二十日再飼毒一次三日，至第六次

飼毒止，僅死亡一隻；第七次飼毒時增爲四日，存活鼠六隻中，無一死亡（表十五），與第一次飼毒四日者（表十）比較，耐藥性顯見增强。

表十五、雌小白鼠對殺鼠靈耐性試驗（三）

No.	體重 (gm)	飼毒次數及毒餌取食量 (gm) 一 58 Ⅲ/10–12	二 Ⅲ/23–25	三 Ⅳ/3–5	四 Ⅳ/17–19	五 Ⅴ/3–5	六 Ⅴ/13–15	七 Ⅴ/27–30	合計	平均	每百克體重之毒餌取食率
1	27	14	14	15	10	10	6	10	76	10.9	
2	28	16	16	15	10	11	9	16	93	13.3	
3	30	16	16	—	—	—	—	—	—	—	
4	28	、	、	23	9	10	8	14	64	12.8	263.6%
5	21	、	、	13	9	11	8	14	55	11.0	(65.9gmA.I.)
6	24	、	、	15	12	16	8	15	66	13.2	
7	26	、	、	17	13	11	7	11	59	11.8	
Ck	25	18	14	16	10	6	—	20	84	14.0	
合計	20.9	46	46	98	63	69	46	80	413	77.0	
平均	26.1	15.3	15.3	16.3	10.5	11.5	7.7	13.3	68.8	12.8	

※ No.2於第三次飼毒時出血。

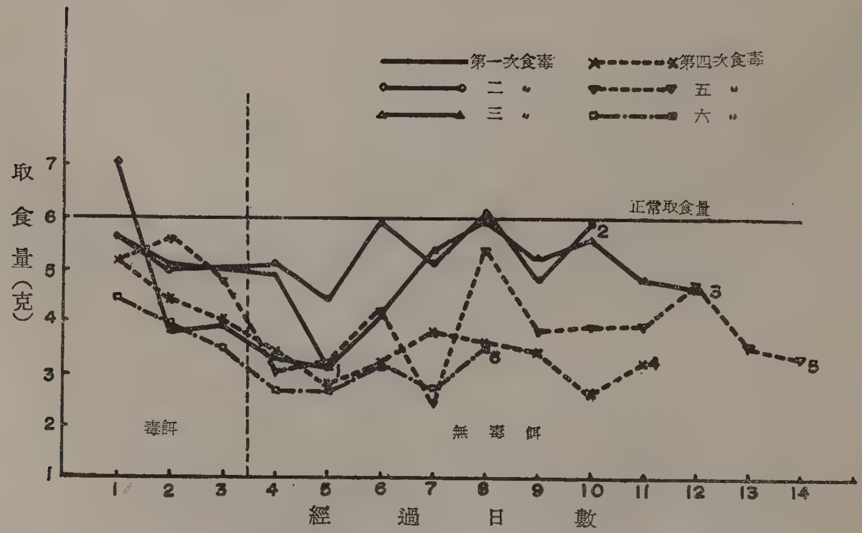
本試驗小白鼠食毒次數最高達十四次（表十六及十七），每次毒餌取食量顯見增多，可見此等鼠隻對殺鼠靈之耐藥性亦隨之增高。又據圖五顯示，多次中毒後，鼠隻對殺鼠靈毒餌並無拒食情形；然其回復日數則隨之延長，且不致死亡，改飼糙米後仍繼續存活。

表十六、小白鼠對殺株靈耐性試驗（四）

No.	飼毒次數及取食量 (gm) 一 58 Ⅶ/12–13	二 Ⅶ/22–23	三 Ⅷ/4–5	四 Ⅷ/14–16	五 Ⅷ/26–28	六 Ⅸ/8–10	七 Ⅸ/23–24	八 Ⅹ/6–8	九 Ⅹ/20–22	十 Ⅺ/19–21	十一 59 Ⅳ/1–3	十二 Ⅳ/13–15	十三 Ⅳ/29–Ⅴ/2	十四 Ⅴ/18–21	合計	平均
1	4	5	5	10	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	29	5.8
2	3	4	7	10	9	9	9	—	—	—	—	—	—	—	51	7.3
3	6	5	6	11	9	10	9	—	—	—	—	—	—	—	56	8.0
4	5	5	6	7	6	8	8	8	9	10	15	11	14	17	129	9.2
5	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	3	2	7	9	6	10	8	12	10	14	13	13	15	19	141	10.1
7	7	6	8	8	11	9	9	16	12	14	—	—	—	—	100	7.1
8	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
合計	38	27	39	55	46	46	43	36	31	38	28	24	29	36		
平均	4.8	4.5	6.5	9.2	7.7	9.2	8.6	12.0	10.3	12.7	14.0	12.0	14.5	18.0		

表十七、小白鼠對殺鼠靈之耐性試驗（五）

No.	飼毒次數及取食量 (gm)											
	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二
	58 Ⅷ/13–15	Ⅷ/25–27	Ⅸ/10–12	Ⅹ/6–8	Ⅹ/20–22	Ⅺ/19–22	Ⅻ/11–13	Ⅻ/22–24	59 Ⅳ/1–3	Ⅳ/13–15	Ⅳ/29–Ⅴ/2	Ⅴ/18–21
1	14	11	10	13	11	16	12	15.5	17	10	10.5	11
2	8	11	16	13	11	16	13	14	16	—	—	—
3	8	7	6	12	7	14	—	—	—	—	—	—
4	9	10	8	13	10	9	—	—	—	—	—	—
合計	39	83	40	51	39	55	25	29.5	33	10	10.5	11
平均	9.8	99.8	10.0	12.8	9.8	13.8	12.5	14.8	16.5	10	10.5	11.0



圖五：多次食毒後白鼠之食量變化情形

四、討論與結論

由試驗結果知大白鼠對殺鼠靈之耐藥性較小白鼠為弱。小白鼠取食 0.025% 殺鼠靈毒餌三日以下者，仍有存活之希望，而大白鼠雖僅取食毒餌（0.025%）一日，其死亡率即達 100%（表三）。小白鼠之耐性則雌鼠較雄鼠為强，如表十及表十一所示。

大白鼠飼食濃度低至 0.0025% 之殺鼠靈毒餌一日，即為死亡中率所需日數；觀察其存活鼠取食毒餌前後食量變化之情形，知取食毒餌一日即改飼無毒糙米時，經過二至三日後，鼠隻食量突然銳減，至七至十日後取食量始漸恢復正常（表八及圖一、二）。而小白鼠取食二日或三日之 0.025 % 殺鼠靈後，改飼糙米經二至三日後取食量亦銳減，至五至八日後又漸恢復正常。由此食量之變化判斷，小白鼠於取食毒餌後二至三日即毒性發作，鼠隻呈現疲憊狀態，食量銳減，中毒深者，雖改飼糙米後亦不治死亡，中毒較輕者，改食糙米後，經過七至十日掙扎後，逐漸康復，食量亦逐漸恢復正常，且取食毒餌日數短者，恢復較快。

另據十四及十五表顯示，取食 0.025% 殺鼠靈毒餌二至三日之存活白鼠，若連續每隔十至十四日再飼以毒餌一次（二至三日），對殺鼠靈之耐藥性亦隨之增加，雖延長其食毒日數，其死亡率顯與第一次即食毒同一日數者為低。故使用殺鼠靈毒殺鼠隻，必須繼續供飼足够之毒餌，並最少使其連續取食一週以上，方能奏效。否則，取食毒餌未達其致死量而中毒較輕之鼠隻，經數日後仍可恢復健全，繼續為害，且經多次中毒後，即可影響殺鼠靈之殺鼠效果，應特加注意。

又小白鼠雖連續中毒十次以上，對殺鼠靈毒餌之取食量未見顯着減少，且對新鮮毒餌有增多之趨勢，似無拒食現象。故若能保持足够之毒餌量，鼠隻最後仍能毒殺。惟田間野鼠對殺鼠靈耐性之產生情形以及其耐性程度，則尚待試驗。

誌謝：本試驗蒙前劉秉所長淦芝協理暨今朱代所長學曾之鼓勵，前植物保護系潘主任榮松之指導，試驗進行中並承李水草技師（已退休）之協助；本文復承朱代所長斧正，特致謝忱。

五、參 考 文 獻

1. 陳效奎、李水草（1954）．殺鼠靈試驗報告。中華農學會報（新）8：98—100。
2. Bates. J. F. (1966) . Developments in rodent control in Guyana. Proceeding of the 1966 meeting British west Indies sugar techrologis's, Held in Guyana. B. W.I.S.A. Nor. 1966. 1 : 224—232。
3. Henkes. R. (1969) . Let's do something about rats and mice. World farming. 11 (4) : 16—21。
4. Rowe. F. P.&R. Redforn (1968) . Comparative toxicity of anticoagulantes coumatetralyl and Warfarin to wild housemice (*Mus musculus* L) . Ann. Appl . Biol . 1968 . 62 : 355—361。

民國五十九年十二月出版

發行者：臺灣糖業試驗所

（臺灣省臺南市）

定 價：每册新臺幣捌拾元

Subscription U.S.$ 2.00 Percopy